Beiblatt zu den Botanischen Jahrbüchern.

Nr. 36.

Band XVI. Ausgegeben am 2. August 1892. Heft 2.

Über zwei Kalktuffbildungen in Gudbrandsdalen (Norwegen), mit Bemerkungen über die postglaciale Geologie unserer Gebirgsthäler

von

Axel Blytt.

Übersetzt aus den Verhandl. der Gesellsch. der Wissensch. zu Christiania 1892, Nr. 4; vorgelegt in der mathem.-naturwissenschaftl. Classe den 5. Febr. 1892.

Im Frühling 1891 wurde von Herrn Lehrer O. Olsen ein Stück Kalktuff an die Universität eingeliefert. Das Stück war vom Hof Leine im Filial Kvam des Kirchspiels Nordre Froen in Gudbrandsdalen und enthielt schöne Blattabdrücke. Um das Vorkommen an Ort und Stelle zu untersuchen, reiste ich im Juni nach Kvam. An der Untersuchung nahm Herr stud. real. P. Öven teil. Eine vorläufige Beschreibung des Fundes wurde in der Zeitschrift »Naturen« in der August-Nummer gedruckt. Bei dieser Gelegenheit ersuchte ich die Leser der »Naturen«, mich von anderen möglicherweise vorkommenden Tuffen zu unterrichten. Auf diese Bitte hin schickte mir Herr Hirsch, Director der landwirtschaftlichen Schule zu Jönsberg bei Hamar ein Stück Kalktuff mit Blattabdrücken vom Hofe Nedre Dal in Fåberg in Gudbrandsdalen. Im October reiste ich dahin und untersuchte dort das Vorkommen in Gemeinschaft mit Herrn Dr. phil. A. Hansen. Später hat auch Herr Öven Proben von dort gesammelt. Nachdem jetzt die Untersuchung der zahlreichen eingesammelten Stücke abgeschlossen ist, gehe ich an die Beschreibung der zwei Bildungen.

Der Tuff bei Leine.

Die Höfe Leine liegen ungefähr 600 m über dem Meere und 330 m über der Thalsohle im Filial Kvam des Kirchspiels Nordre Froen in Gudbrandsdalen.[1]) Die Höfe liegen auf der Nordseite des Thales, und der Tuff findet sich an dem steilen Abhang unterhalb des Hofes in einer Höhe von ungefähr 500 m über dem Meere (496 m über dem Meere nach meiner Messung). Der Abhang, an welchem der Tuff sich findet, ist bis zu einer

1) 61° 45′ n. Br., 27° 20′ ö. L. Ferro.

bedeutenden Höhe über dem Thale von Grundmoränen mit Gerölle bedeckt. Aus dem Lehm sprudeln an ein paar Stellen kalkhaltige Quellen. Diese Quellen sind gegenwärtig sehr unbedeutend, und keine Tuffbildung, welche der Rede wert wäre, findet statt. Aber in den Zeiten, als der Tuff sich bildete, muss der Niederschlag viel bedeutender gewesen sein, als er in unsern Tagen ist. Denn bei der obersten Quelle, welche jetzt nur einen schmalen, kaum über $^1/_3$ m breiten Bach bildet, dessen Wassermenge, wie man sagte, unabhängig von der Jahreszeit ist, zeigte es sich bei Nachgrabung, dass der Tuff in einer Breitenausdehnung von nicht weniger als 30 m vorkommt. Der Tuff findet sich zum Teil an seiner ursprünglichen ungestörten Lagerstätte, zum Teil als lose Blöcke, hie und da über den steilen Abhang hin.

Beim Ausgraben an zwei verschiedenen Stellen, wo sich die Schichten in ihrer ursprünglichen Lage befanden, zeigten sich folgende Schichten. Die Maße wurden an der einen Stelle genommen; aber sie gelten im wesentlichen für beide, und es zeigte sich, dass die Reihenfolge der Schichten an beiden Stellen die gleiche sei.

Unter 10—15 cm Humus fand sich eine Tuffbank von 58—68 cm Dicke. Der Tuff ist grau-weiß (in trockenem Zustand etwas rötlich), oben hart und fest, unten zum teil loser und erdartig. Diese Tuffbank enthält in ihrer ganzen Dicke Nadeln der Kiefer (*Pinus silvestris* L.) mit Kiefern-Rinde und einzelnen Kiefernzapfen. Die Kiefernnadeln sind besonders oben und unten so zahlreich, dass der Tuff ganz voll davon ist. Unter den Kiefernresten finden sich häufig gut erhaltene Blätter der Preißelbeere (*Vaccinium vitis idaea* L.), sowie auf dem Grunde der Bank besonders schöne Versteinerungen ganzer Büschel eines krummblättrigen Mooses (*Hypnum falcatum* Brid.), welches an feuchten kalkhaltigen Stellen vorkommt. In der Mitte der Bank sind die Kiefernnadeln etwas sparsamer; hauptsächlich hier finden sich auch ziemlich viele Blätter von Laubbäumen, *Betula odorata* Bechst., *Populus tremula* L., eine *Salix*, wahrscheinlich *caprea* L. Ferner fanden sich in dieser Tuffbank wohlerhaltene Zweige und Blattrosetten von *Mnium punctatum* Hedw., sowie das Laub einer Flechte, welche ganz und gar der *Peltigera canina* (L.) Th. Fr. gleicht. Die Birkenblätter zu bestimmen ist nicht immer möglich, da Stiel, Spitze und Rand oft fehlen. Es zeigte sich, dass alle bestimmbaren Blätter der Bergbirke (*Betula odorata* Bechst.) angehörten, bis auf eines, welches einen doppelt gezähnten, fast gelappten Rand hatte und wahrscheinlich auf die Birke der Niederung (*B. verrucosa* Ehrh.[1])) zurückzuführen ist. Außer diesen Resten fanden sich auch Kätzchen (vielleicht männliche der Birke), Kohlenstücke, ein Insekt, *Chrysomela* sp., an Größe und Gestalt wie *C. analis* L. (nach freundlicher Bestimmung des Herrn Con-

1) Dieses Blatt fand sich bei der genaueren Untersuchung der Proben, wonach die Angabe in der »Naturen« l. c. zu berichtigen ist.

servator SCHÖYEN), und mehrere Schnecken[1]) (*Hyalinia petronella* Charp., *Conulus fulvus* Müll. und *Vitrina pellucida* Müll.). Das Vorkommen von Kohle kann nicht überraschen, wenn man bedenkt, wie allgemein Kohle im Waldboden gefunden wird. Selbst im Bernstein aus der Tertiärzeit hat man Holzkohle gefunden. Und da der Blitz dürre Bäume anzündet und solche in den Urwäldern häufig sind, kann man aus dem Vorkommen von Kohle in Torf und Tuff keineswegs auf den Menschen als Urheber des Brandes schließen.

Obwohl die Fichte, *Picea Abies* (L.), sich heut zu Tage in der Gegend findet, fand sich doch in keiner der Hunderte von Proben, die untersucht worden sind, weder in diesen noch in der darunter liegenden Tuffbank, irgend welche Spur dieser Baumgattung, weshalb ich glaube, man habe alle Ursache anzunehmen, dass dieser Baum zu den Zeiten, als die Tuffbildung stattfand, nicht bei Leine wuchs.

Unter dieser obersten Tuffbank findet sich ein grünlich grauer (in trockenem Zustand weißer), mit Kies gemischter sandiger Kalklehm ohne Versteinerungen, 4 cm mächtig, und darunter ein gelbgrauer (wenn trocken weißer), erdartiger und nur teilweise harter Tuff von geringer Mächtigkeit (bis zu 3 cm). In den harten Teilen dieser Schicht fanden sich Kiefernnadeln, aber spärlicher als in der oberen Bank, und kleiner, kürzer und schmaler als in dem oben beschriebenen Kieferntuff. Da dies die Regel ist, deutet es darauf hin, dass die Kiefer damals unter anderen klimatischen Verhältnissen wuchs als später. Dies wird auch dadurch bestätigt, dass man in dieser Schicht die leicht kenntlichen Blätter von *Dryas octopetala* L. in Menge findet. Bei der genaueren Untersuchung dieses Dryastuffs fand ich auch ein paar Blätter von *Salix reticulata* L., einer Pflanze, welche auf unsern Gebirgen die *Dryas* treu zu begleiten pflegt; außerdem mehrere Blätter einer kleinen *Salix*, welche am meisten Ähnlichkeit besitzt mit *Salix arbuscula* L., ein Blatt, welches *Cotoneaster vulgaris* Lindl. gleicht, vielleicht auch undeutliche Reste von *Betula nana* L. Von Schnecken fand sich in dieser Schicht *Cochlicopa lubrica* Müll. und *Hyalinia petronella* Charp. Die genannten arktischen Pflanzen finden sich gegenwärtig nicht mehr am Abhang bei Leine, sondern haben sich in die Gebirgsgegenden zurückgezogen. *Dryas* und die anderen arktischen Pflanzen finden sich im Tuff neben den Kiefernnadeln, aber, wie oben gesagt, nur in einer ganz dünnen Schicht und weder oberhalb noch unterhalb. In den tieferen Schichten findet sich auch die Kiefer nicht, und wir können darum den Schluss ziehen, dass *Dryas*, *Salix reticulata* und *S. arbuscula* bei Leine damals wuchsen, als die Kiefer im Begriff war einzuwandern und der Ort an der oberen Grenze der Kiefer lag. Als der Kiefernwald dichter wurde, ging die arktische Flora zu Grunde.

1) Alle in den Tuffen gefundenen Schnecken sind gütigst von Fräulein B. ESMARK bestimmt worden.

Diese zwei zuletzt besprochenen Schichten, die Lehmschicht und der Dryastuff, besonders die erstere, deuten auf eine Zeit mit geringen Niederschlägen, in welcher die Tuffbildung, wahrscheinlich viele Jahrhunderte hindurch ganz unterbrochen war, weil die Quellen austrockneten wie in unsern Tagen. Ich habe schon längst nachgewiesen, dass die arktische Flora am besten in dem strengeren Binnenlandsklima gedeiht und dass die reichsten Colonien arktischer Pflanzen in unseren mehr continentalen Gebirgsgegenden vorkommen[1]). Wenn das Klima strenger wird, breitet die arktische Flora sich über größere Gebiete aus. Hier bei Leine haben wir nun einen guten Beweis dafür; denn die arktischen Pflanzen finden sich nur im Dryastuff, sie fehlen nicht nur in dem darübergelagerten Kieferntuff, sondern — merkwürdig genug — auch in dem darunter liegenden Tuff, den ich jetzt beschreiben will.

Unter dem loseren Dryastuff stieß die Hacke wieder auf eine feste Bank von Tuff, an deren Untersuchung wir uns mit großer Spannung machten. Es zeigte sich, dass sie 45 cm mächtig war und aus gelbgrauem (in trockenem Zustand weißlichem), oben welligem, aber unten regelmäßig schiefrigem Tuff bestand, der besonders in den oberen Schichten ganz angefüllt ist von unzähligen Blättern laubtragender Bäume und Büsche, Birke (ausschließlich der Bergbirke, *Betula odorata* Bechst.), Espe (*Populus tremula* L.), *Salix*, mindestens zwei Arten, welche ich mit ziemlicher Gewissheit glaube bestimmen zu können als *Salix caprea* L. (in Menge) und *Salix glauca* L., wahrscheinlich auch ein Blatt von *Ribes rubrum* L. und Blätter von der grauen Erle (*Alnus incana* DC.); Kurztriebe, Schnecken, ziemlich viele Bildungen, welche in hohem Grade den auf *Salix*blättern vorkommenden Blattwespen- (Nematus-) und Milben- (Phytoptus-) Gallen gleichen[2]). Aber in dieser Tuffbank findet sich keine Spur von der Kiefer. Dieser Birkentuff, wie wir ihn nennen können, ist wie der Kieferntuff nach unten zum Teil loser; die Blätter werden weniger zahlreich, und auf dem Grunde findet sich dasselbe schöne *Hypnum falcatum* Brid., wie auf dem Grunde des Kieferntuffes. Zwischen dem *Hypnum* finden sich auch Stengelstücke von *Equisetum variegatum* All. Aber es giebt keinen arktischen Tuff auf dem Grunde der Bildung. *Populus* und *Betula* finden sich ganz unten auf dem Lehm in der ältesten Tuffschicht.

Unter dem Birkentuff liegt eisenhaltiger Lehm bis 4 cm dick und darunter Grundmoränen mit Blöcken, die dem Orte fremd sind, von unbekannter Mächtigkeit. Der eisenhaltige Lehm enthält keine Versteinerungen und erzählt also nichts über die Flora, welche sich erst einfand, als der

---

1) A. Blytt: Essay on the Immigration of the Norwegian Flora etc. Christ. 1876. Theorie der wechselnden kontinentalen und insularen Klimate in Engler's Botanischen Jahrbüchern II.

2) Nach Bestimmung des Herrn Conservator W. Schöyen.

Gletscher sich vom Abhang bei Leine zurückzog; aber dass es jedenfalls zum teil eine arktische Flora war, ist höchst wahrscheinlich.

Die Reihenfolge der Schichten von oben nach unten ist bei Leine also:

Humus 0,10 — 0,15 m.
Grauweißer Kieferntuff 0,58 — 0,68 m.
Grünlichgrauer Lehm ohne Versteinerungen 0,04 m.
Gelbgrauer, zum Teil erdartiger Dryastuff (mit Kiefer) bis 0,03 m.
Gelbgrauer schiefriger Birkentuff (ohne Kiefer) 0,45 m.
Eisenhaltiger Lehm ohne Versteinerungen bis 0,03 m.
Grundmoräne mit erratischen Blöcken.

Wir sehen, es hat zwei Zeiträume mit viel Niederschlägen und mit Tuffbildung gegeben. Auch die Grundmoräne deutet auf reichliche Niederschläge. Aber diese Bildungen aus den feuchten Zeiten werden durch die zwei Lehmschichten geschieden, welche wie der Humus der Gegenwart auf trockne Zeiträume deuten, in denen die Quellen austrockneten. Der Tuff zeigt uns also einen Wechsel von feuchten und trockenen Zeiträumen, die Jahrtausende gedauert haben müssen, ganz auf dieselbe Weise wie unsre Torfmoore, wo ja die Torfschichten aus den feuchten Zeiten geschieden werden durch Schichten von Wurzeln und Baumstümpfen, welche in den trocknen Zeiten auf den Moorflächen wuchsen. Wie die Verhältnisse bei Leine sind, ist nach meiner Meinung auch gar keine andere Erklärung möglich. Die zwei Tuffbänke zeigen sich auch dadurch als selbständige Bildungen aus zwei getrennten Zeiträumen, dass sie, vielleicht in Folge des Abgleitens von dem steilen Lehmabhang, auch jede für sich lose am Abhang hinunter liegen. Die losen Blöcke waren zum teil reiner Kieferntuff, zum teil Birken und Weidentuff, bisweilen mit einer dünnen Kruste von Dryastuff zu oberst, und die Spaltung findet also statt bei dem grünlichgrauen Lehm.

Die Geschichte, welche der Tuff bei Leine erzählt, ist somit deutlich und klar und nicht misszuverstehen. Zuerst haben wir eine Zeit mit viel Niederschlägen und Gletschern, wenigstens im oberen Teil von Gudbrandsdalen. Der Gletscher, welcher den Moränenlehm bei Leine bildete, kam wahrscheinlich von den Jotunbergen, denn die von diesen Bergen kommenden Thäler, Sjodalen und Ottadalen, münden in Gudbrandsdalen nicht weit oberhalb von Kvam[1]). Aber der Gletscher zog sich zurück, und das Klima verbesserte sich unter abwechselnden trockenen und feuchten Zeiten. Nachdem der Gletscher geschmolzen war, haben wir zuerst Spuren einer trockenen Zeit ohne Tuffbildung, während deren der eisenhaltige Lehm abgesetzt wurde. Dann begannen die Quellen reichlich zu springen und Tuff sich zu bilden; wir sehen einen üppig mit Birken, Espen und Weiden

1) Eine Untersuchung der Steine im Moränenlehm wird natürlich zeigen können, ob diese Vermutung richtig ist.

bewachsenen Abhang, aber kein Nadelholz und kein gegen die Kälte empfindliches Laubholz. Dann folgte eine trockene Zeit mit wenig oder keiner Tuffbildung. *Dryas* und andere arktische Pflanzen wuchsen an der oberen Grenze des ersten Kiefernwaldes der Gegend, und bald trockneten die Quellen ganz aus, und der grünlich graue Lehm wurde abgesetzt. Dann begann wieder der Regen reichlicher zu strömen und die Quellen Tuff zu bilden, aber diesmal ergossen sie sich nicht an einem hellgrünen Birkenabhang, sondern in einem düsteren Kiefernwald. Und gegenwärtig sind die Quellen wieder ausgetrocknet, und die Fichte, von der sich keine Spur im Tuff findet, ist in die Gegend bei Leine eingewandert.

Der Tuff bei Nedre Dal.

Am Abhang unmittelbar unterhalb des Hofes Nedre Dal im Kirchspiel Faaberg[1]), nur 7—8 km oberhalb Lillehammer auf der Südseite von Gudbrandsdalen, findet sich Kalktuff mit Pflanzenresten in einer Höhe von 225 m über dem Meere und 90 m über dem Thalboden. Der Tuff findet sich hier in der Nähe eines kleinen Baches, welcher ein Stück weiter oben an einem steilen Abhang entspringt. Der Tuff findet sich in größeren und kleineren Blöcken, welche unter andern Steinen in der Erde liegen, bedeckt von Rasen und Erde. Auch hier hat in der Gegenwart die Tuffbildung aufgehört wie bei Leine. Und wie bei Leine findet man auch hier zwei Arten Tuff, Birkentuff und Kieferntuff; aber Dryastuff fand sich nicht. Es glückte nicht, die zwei Tuffe über einander liegend zu finden. Die Kieferntuffblöcke lagen neben denjenigen aus Birkentuff. Neben Tuffblöcken, welche von oben bis unten voll von Blättern von Birken und Weiden und dergl., aber ohne Spur von Kiefern waren, fanden sich nur einen Schritt entfernt andere Blöcke, die durch und durch mit zahllosen Kiefernnadeln gespickt waren. Darum muss man annehmen, dass sich auch hier die zwei Tuffe von zwei geologisch getrennten Zeiträumen herschreiben, selbst wenn man die Verhältnisse bei Leine nicht schon kännte. Die Verhältnisse an Ort und Stelle, die gleichmäßige Abdachung und die Gestalt der Blöcke, welche ihnen das Rollen nicht erlaubt, macht die Annahme wahrscheinlich, dass die Tuffblöcke da liegen, wo sie gebildet wurden. Und es lässt sich ja auch leicht denken, dass die Quellen in zwei verschiedenen feuchten Zeiträumen nicht ganz denselben Lauf genommen haben. Herabstürzen von Steinen von oben und Verstopfung des alten Bettes wird ihnen leicht eine neue Richtung geben können, und der Kieferntuff aus der letzten der zwei feuchten Zeiten wird sich da nicht über dem Birkentuff ablagern, sondern neben ihm an den Stellen, wo die neuen Quellen entsprangen.

Wir nennen jetzt die Reste von Pflanzen und Thieren, welche sich im

---

1) 61° 10′ n. Br., 28° ö. L.

Tuff bei Nedre Dal fanden. Im Birkentuff findet sich in Menge *Betula odorata* Bechst. Von dieser fanden sich viele ganze Blätter, welche mit Sicherheit sich bestimmen lassen. Gleichfalls in großer Menge *Populus tremula* L. *Salix*blätter sind häufig, wenigstens zwei Arten. Die eine ist dieselbe *S. caprea* L. wie bei Leine; die andere scheint zu sein *S. nigricans* Sm. Außerdem fand sich ein Blatt von *Prunus Padus* L., ein Blatt, welches *Myrtillus uliginosa* Dr. anzugehören scheint, und zahlreiche Stengelstücke von *Equisetum hiemale* L. Außer ein paar anderen unbestimmbaren Pflanzenresten fanden sich ein paar Schnecken, *Vitrina pellucida* Müll., *Pupa muscorum* Müll. und *Helix arbustorum* L. und, wie es scheint, Blattwespengallen von derselben Art wie bei Leine. Aber in diesem Tuff findet sich keine Spur von Kiefern.

Im Kieferntuff bei Nedre Dal finden sich in großer Menge Blätter von *Pinus silvestris* L. von oben bis unten durch die Dicke des ganzen Blockes, außerdem einzelne Kiefernzapfen. Auch *Vaccinium vitis idaea* L. fand sich, aber nur spärlich. Gleichfalls ein einzelnes Blatt von *Linnaea borealis* L. Auch die Birke findet sich im Kieferntuff, teils Blätter, aber wahrscheinlich auch männliche Kätzchen. Alle bestimmbaren Blätter gehören zu *Betula odorata* Bechst. Endlich fanden sich Blätter einer *Salix* und einige Schnecken, nämlich *Patula ruderata* Müll. und *Helix arbustorum* Less.

An dem Abhang, an welchem der Tuff sich findet, wachsen jetzt die Fichte und der Ahorn (*Acer platanoides* L.) in Menge, aber von diesen findet sich keine Spur, weder im Birken- noch im Kieferntuff[1]).

Wir können somit für Nedre Dal folgendes Profil geben, erinnern jedoch daran, dass die zwei Tufflager hier nur neben und nicht auf einander gefunden sind. Das Profil von der Gegenwart rückwärts ist:

Humus und Rasen, einige cm.
Rötlich grauweißer Kieferntuff 0,20—0,30 m.
Humus einige cm.
Birkentuff von derselben Farbe wie der vorige (ohne Kiefer) 0,50 cm.
Humus mit Lehm, bis 0,60 m.
Gelbgrauer Lehm mit Steinen, ohne Zweifel glacial.

Wir haben also gesehen, dass an diesen beiden Stellen, bei Leine und Nedre Dal, zwei tuffbildende Perioden mit einer trockeneren Zwischenzeit

1) Auf der Außenfläche eines der größeren Birkentuffblöcke fand sich eine ganz dünne Kruste von losem, stark mit Erde vermischtem, schwärzlichem oder bräunlichem Tuff, und darin einzelne Bruchstücke von Blättern, welche vielleicht *Acer platanoides* L. und *Betula verrucosa* Ehrh. angehören, sowie ein Exemplar von *Helix hortensis* Müll. Aber diese Tuffkruste ist augenscheinlich eine weit jüngere Bildung als der feste weiße Birkentuff, in welchem sich keine Spur der genannten Baumsorten findet, und sie schreibt sich, wenn nicht aus der Gegenwart selbst, so doch aus einer Zeit her, welche wahrscheinlich nicht sehr weit zurück liegt.

gewesen sind, und dass an beiden Stellen die Tuffbildung in der Gegenwart aufgehört hat, und zwar ehe die Fichte nach Gudbrandsdalen kam. Wir müssen annehmen, dass die zwei Tuffbänke an beiden Stellen gleichzeitige Bildungen sind, dass der Kieferntuff in Nedre Dal gleichzeitig mit dem in Leine ist, und dass der Birkentuff bei Nedre Dal aus derselben Zeit stammt wie der Birkentuff bei Leine. Die in den Tuffen gefundenen Pflanzenreste bestätigen diese Annahme. Der Charakter der Flora ist derselbe. Die wenigen Abweichungen sind ohne Zweifel zum teil nur zufällige (von einzelnen Arten wurde nur ein einziges Blatt gefunden); zum teil beruhen die Abweichungen wohl auch darauf, dass Leine bedeutend höher und dem Hochgebirge näher liegt als Dal. Auf diese Weise kann man verstehen, dass *Dryas* und die übrigen arktischen Pflanzen bei Dal nicht gefunden wurden. Wie weiter unter näher erklärt werden soll, glaube ich nämlich, dass die arktische Flora schon lange in unsere Gebirge eingewandert war, ehe noch die älteste der zwei Tuffbänke sich bildete.

Bemerkungen über die in den Tuffen gefundenen Arten.

Peltigera canina (L.) Th. Fr. im Kieferntuff bei Leine spärlich, Abdrücke des Laubes, sowohl obere als untere Seite, gleicht durchaus Exemplaren der Flechte.

Hypnum falcatum Brid. in Menge bei Leine (und so gut erhalten, dass man jedes Blatt sieht), sowohl auf dem Grunde des Birkentuffes als auf dem des Kieferntuffes, aber nur auf dem Grunde, nicht in den übrigen Teilen der Tuffbänke[1]).

Hypnum sp. In den Tuffen bei Leine und Dal finden sich auch Reste anderer Arten *Hypnum*, welche ich nicht zu bestimmen wage.

Mnium punctatum Hedw. im Kieferntuff bei Leine. Spärlich, aber sehr schön erhalten.

Equisetum variegatum All. bei Leine, auf dem Grunde des Birkentuffes ganz unten beim Lehm, nicht selten. Die Gleichheit mit den Exemplaren im Herbarium ist so vollständig, dass ich die Bestimmung für sicher ansehe, wenn auch die gefundenen Stücke ziemlich unvollständig sind.

---

1) Unter dem Berggipfel Bergkletten bei Strömsmoen in Bardodalen im Amt Tromsö (68° 40′ n. Br., 36° 30′ ö. L.) fand ich diesen Sommer beim Nachgraben an einer Stelle, wo *H. falcatum* wuchs, dass die Moosdecke nach unten zu in Tuff überging. Proben dieses Moostuffes aus Bardo gleichen durchaus dem bei Leine gefundenen. Ebenfalls fand sich in Bardo an derselben Stelle *Hypnum filicinum* L., welches nach unten zu in einen Tuff überging, der eine auffallende Gleichheit mit gewissen Teilen des *Dryas*tuffs bei Leine hat. Aber unter diesem Moostuff aus der Gegenwart in Bardo fand ich kiesigen Lehm, und es gelang nicht, ältere Tuffbildungen zu entdecken. Doch muss ich bemerken, dass die Umstände mich hinderten, eine gründlichere Untersuchung an dieser Stelle vorzunehmen. Ich sollte meinen, dass *Hypnum falcatum* und *H. filicinum* ganz gute Kennzeichen des Vorkommens von Tuff sind, und dass es sich lohnen würde, den Untergrund an denjenigen Stellen zu untersuchen, wo jene Moose sich finden.

Equisetum hiemale L. in Nedre Dal in Menge im Birkentuff. Ich glaube mich zu erinnern, dass es sich auch im Kieferntuff fand, aber da es in den mitgebrachten Proben vom Kieferntuff fehlt, wage ich es nicht mit Gewissheit zu behaupten.

Grashalme unbestimmbar.

Pinus silvestris L. in so großer Menge im Kieferntuff sowohl bei Leine als Dal, dass sie nicht selten die Hauptmasse des Tuffes bildet. Insonderheit sind die Nadeln zahlreich, aber auch einige Zapfen und Stücke von Rinde fanden sich sowohl bei Leine als Dal. Bei Leine findet sie sich auch, aber spärlicher im Dryastuff. Im Kieferntuff sind die Nadeln breiter und länger als im Dryastuff. Die Nadeln im Kieferntuff sind mindestens 0,04 bis 0,05 m lang, die im Dryastuff kaum mehr als 0,03. Die Zapfen aus dem Kieferntuff sind 0,04 m lang und 0,025—0,03 m breit. Im Dryastuff habe ich Zapfen nicht gefunden.

Betula odorata Bechst. allgemein sowohl bei Leine als Dal im Birkentuff, aber auch im Kieferntuff an beiden Stellen. Ganz unten auf dem Lehm auf dem Grunde des Birkentuffes fanden sich Blätter, welche 0,05 m lang und 0,04 m breit waren. Außer vielen sicher zu bestimmenden Blättern fanden sich auch, wenn ich nicht irre, männliche Kätzchen.

Betula verrucosa Ehrh. Im Kieferntuff bei Leine fand sich ein Bruchstück eines größeren Birkenblattes mit doppelt gezähntem, fast gelapptem Rand, dessen Spitze und Stiel fehlen. Die Zähne sind stumpfer als bei der typischen *B. verrucosa*. Im Herbarium haben wir jedoch Exemplare von *B. verrucosa* aus Vaage und Sogn, welche stumpfere Zähne haben und welche in dieser Beziehung dem gefundenen Blatte aus dem Kieferntuff bei Leine vollständig gleichen. Wiewohl Birkenblätter sich in den Tuffen in großen Massen finden, giebt es doch verhältnismäßig wenige, welche so vollständig sind, dass sie sich sicher bestimmen lassen, und ich habe nur dieses eine Blatt gefunden, welches, wie ich glaube, auf *B. verrucosa* zurückzuführen ist. Sehr unsichere Blätter von *B. verrucosa* (langgestielte mit keilförmigem Grund, aber ohne Rand und Spitze) giebt es auch aus dem Kieferntuff bei Dal.

Betula cfr. *alpestris* Fr. bei Leine im untersten Teil des Birkentuffes. Ein einziges Blatt ohne Spitze, weshalb die Bestimmung unsicher ist.

B. cfr. *intermedia* Thom. im Dryastuff bei Leine. Sehr unsicher.

B. cfr. *nana* L. Ein Bruchstück eines Blattes, sehr unsicher, aus dem Dryastuff bei Leine.

Cfr. *Alnus incana* D.C. Ein paar Bruchstücke von Blättern im Birkentuff bei Leine, fast bis zum Lehm hinunter. Die Nervatur der Blätter gleicht der kleinblätterigen Gebirgsform, aber der Rand fehlt.

Salix caprea L. Blätter in großer Menge bei Leine im oberen Teil des Birkentuffs, aber kaum in den untersten Schichten; gleichfalls in Menge im Birkentuff bei Dal. Einzelne Blätter sind sehr groß und bis 0,06 m breit.

Auch im Kieferntuff bei Leine fand ich, aber spärlich, Blätter, welche, wie ich glaube, dieser Art angehören. Sie gleichen auch *S. lanata*, haben jedoch ein mehr hervortretendes Nervennetz.

Salix cfr. *nigricans* Sm. Im Birkentuff bei Dal fanden sich Blätter einer Salix, welche durch ihre Form, ihre Nerven und den, wie es scheint, schwach gezähnten Rand den Anschein haben, als gehörten sie dieser Art an.

Salix glauca L. Im Birkentuff bei Leine nicht selten. Die Blätter, teils größere, teils kleinere, gleichen durchgängig den Exemplaren im Herbarium, weshalb ich die Bestimmung für sicher halte.

Salix cfr. *hastata* L. Ein paar Blätter aus dem Birkentuff bei Leine scheinen hierher zu gehören.

Salix arbuscula L. im Dryastuff bei Leine, mehrere Blätter. Gleicht Exemplaren im Herbarium sehr genau.

Salix reticulata L. Zwei Blätter dieser leicht kenntlichen Art fanden sich im Dryastuff bei Leine.

Populus tremula L. Bei Leine in Menge im Birkentuff, wo sie sich sogar ganz unten auf dem Lehm findet; auch, aber spärlicher, im Kieferntuff. Bei Dal in Menge im Birkentuff. In den ältesten Schichten bei Leine sind die Blätter kleiner (0,04 bis 0,05 m lang und breit) als in den jüngeren Schichten, wo ich Blätter gefunden habe, welche bis 0,07 m lang und breit waren. Außer Blättern glaube ich auch Kurztriebe dieser Art gefunden zu haben.

Linnaea borealis L. Im Kieferntuff bei Dal.

Cfr. *Arctostaphylos officinalis* W. & Gr. Ein unsicheres Bruchstück (die untere Hälfte) eines Blattes im Dryastuff bei Leine.

Vaccinium vitis idaea L. Bei Leine und Dal im Kieferntuff, besonders an ersterer Stelle in Menge. Auch ein paar kleine Blätter aus dem Dryastuff bei Leine dürften hierher gehören.

Myrtillus uliginosa Dr. Im Birkentuff bei Dal, ein einziges Blatt.

Ribes cfr. *rubrum* L. Ein Blatt aus dem Birkentuff bei Leine, handförmig gerippt, ohne Drüsen am Stiel (also nicht *Viburnum*); der Blattrand fehlt, die Artbestimmung ist nicht absolut sicher.

Cotoneaster vulgaris Lindl. Im Dryastuff bei Leine fand sich ein Blatt, welches der genannten Art in jeder Beziehung gleicht. Aber ein Blatt genügt wohl nicht zu vollständig sicherer Bestimmung dieser Art.

Dryas octopetala L. Die Blätter finden sich in großer Menge im Dryastuff bei Leine. Dieser Tuff kommt teils in Klumpen in einem losen kalkhaltigen Sandlehm vor, welcher oberhalb des Birkentuffes liegt, teils als eine dünne Kruste auf der Oberfläche des Birkentuffes. In dieser Dryaskruste scheint die Kiefer seltener zu sein, und die Dryasblätter sind größer (bis 0,03 m lang und 0,013 m breit) als in dem klumpenförmigen Dryastuff, wo die Kiefer häufiger ist.

Prunus Padus L. Der untere Teil eines Blattes, in der Mitte 0,04 m breit, aus dem Birkentuff bei Dal.

Schnecken, sämtlich Landschnecken
bestimmt von Frl. B. Esmark.

Vitrina pellucida Müll. Im Kieferntuff bei Leine; im Birkentuff bei Dal.
Conulus fulvus Müll. Im Kieferntuff bei Leine.
Hyalinia petronella Charp. Im Dryas- und Kieferntuff bei Leine.
Helix arbustorum Less. Im Kiefern- und Birkentuff bei Dal.
Patula ruderata Müll. Kieferntuff bei Dal.
Cochlicopa lubrica Müll. Im Dryastuff bei Leine.
Pupa muscorum Müll. Birkentuff bei Dal.

Vergleichung mit anderen Tuffbildungen.

Ähnliche Tuffbildungen kennt man aus Schwedisch Norrland. Sie sind beschrieben von A. G. Nathorst[1]) und von R. Sernander.[2]) Nathorst nennt über 20 Fundorte, wovon die meisten in Jemtland.

Auch in Schwedisch Norrland gehört die Tuffbildung wie in Gudbrandsdalen einer vergangenen Zeit an, welche der Einwanderung der Fichte voraufgeht. So sagt Sernander über den Tuff bei Nässet in Jemtland: »Freilich finden sich auch jetzt Quelladern in dem unterliegenden Kiese, diese aber sind nur von geringer Bedeutung. Alles deutet darauf hin, dass dieser Kalktuff nicht nur während anderer Drainierungs-, sondern auch ganz anderer klimatischer Zustände gebildet worden ist, als sie jetzt auf der Stelle herrschen.« Und Nathorst sagt über die Tuffbildung in Schwedisch Norrland im allgemeinen, dass sie gegenwärtig aufgehört hat. »Die gegenwärtig stattfindende Kalktuffbildung scheint zu unbedeutend, als dass man sie in Betracht ziehen könnte.« An einer andern Stelle sagt er: »Nirgends hat man in den Kalktuffen Überreste der Fichte getroffen, und dies ist so durchgängig der Fall, dass es nicht auf einem Zufall beruhen kann. Besonders eigentümlich gestaltet sich der Sachverhalt in Jemtland, wo mehrere der Fundorte nunmehr von Fichtenwäldern umgeben sind.« »Die Fichte ist somit nachweislich in Jemtland später eingewandert als die Kiefer und erst nachdem die wesentlichste Kalktuffbildung schon aufgehört hatte.«

Wir vergleichen jetzt die Flora in den Tuffen aus Gudbrandsdalen mit derjenigen, welche in den aus Schwedisch Norrland beschriebenen enthalten ist. Wiewohl der Tuff voll von unzähligen Blättern ist, giebt es doch nicht viele Arten darin. Einige wenige Arten, die Kiefer, die Birke, die Espe,

---

1) Verhandlungen des Geologischen Vereins zu Stockholm VII. h. 14. n. 98. VIII. h. 1. n. 99; Botanischer Vortrag bei der Feier der Kgl. Academie der Wissenschaften am 31. März 1887.

2) Botanisches Centralblatt 1891 n. 40.

die Weiden, *Dryas* und ein paar mehr, finden sich in großen Massen. Um die Übersicht zu erleichtern, gebe ich hier ein Verzeichnis über alle in den genannten Tuffen nachgewiesenen Pflanzen.

	Norwegische		Schwedische Tuffe.
	Leine	Dal[1])	
Peltigera canina	f.	.	S.
Mnium punctatum	f.	.	.
Hypnum falcatum.	b. f.	.	.
Equisetum variegatum . . .	b.	.	.
— *hiemale*.	.	b.	S.
Pinus silvestris	d. f.	f.	S.
Juniperus communis. . . .	.	.	S.
Alnus incana.	b?	.	S.
Betula verrucosa	f.	.	S.
— *odorata*.	b. f.	b. f.	S.
— *intermedia*	d?	.	S?
— *alpestris*	b?	.	S?
— *nana*.	d?	.	S.
Populus tremula	b. f.	b.	S.
Salix caprea	b. f.	b.	S.
— *nigricans*	.	b.	S.
— *glauca*	b.	.	.
— *hastata*.	b?	.	S?
— *arbuscula*	d.	.	.
— *reticulata*	d.	.	S.
Hippophaë rhamnoides. . .	.	.	S (d.)
Linnaea borealis	.	f.	.
Arctostaphylos officinalis . .	d?	.	.
Myrtillus uliginosa	.	b.	S.
Vaccinium vitis idaea . . .	d. f.	f.	S.
Empetrum nigrum	.	.	S.
Ribes rubrum	b.	.	.
Cotoneaster vulgaris . . .	d.	.	.
Sorbus aucuparia.	.	.	S.
Dryas octopetala	d.	.	S.
Prunus Padus	.	b.	.

Die Anzahl einigermaßen sicher bestimmter Arten ist also in den norwegischen Tuffen 21, in den schwedischen 18. Gemeinsam für die Tuffe in Gudbrandsdalen und die schwedischen sind 12, ja möglicherweise 17 Arten. Wahrscheinlich ist die Gleichheit in Wirklichkeit noch größer. Moose finden sich auch in den schwedischen Tuffen, aber sie sind nicht bestimmt.

Diese große Gleichheit spricht dafür, dass die genannten norwegischen und schwedischen Tuffe gleichzeitige Bildungen sind. Denn die Gegenden, worin die Tuffe sich finden, haben auch in unsern Tagen ein einigermaßen gleichartiges Klima und in Übereinstimmung damit auch eine ähnliche Flora. Sowohl die norwegischen, als die schwedischen Tuffe enthalten subarktische und teilweise arktische Pflanzen. Nur *Betula verrucosa* Ehrh. und *Cotoneaster* gehören zu dem borealen Element in unserer Flora.

Nachdem wir jetzt gesehen haben, dass die besprochenen norwegischen

1) b = Birkentuff, d = Dryastuff, f = Kieferntuff, S = Schwedische Tuffe.

und schwedischen Tuffe aller Wahrscheinlichkeit nach gleichzeitig sind, erhebt sich ganz natürlich die Frage: finden sich auch in Schweden zwei Etagen entsprechend dem Birken- und Kieferntuff in Gudbrandsdalen?

Diese Frage kann nicht beantwortet werden, bevor die schwedischen Tuffe unter diesem Gesichtspunkt untersucht werden. In NATHORST's Arbeiten findet sich nirgends ein Profil des Tuffes beschrieben. Er hat nur Proben einsammeln lassen und die in diesen vorkommenden Pflanzen und Tierreste untersucht. Aber man kann aus diesen Untersuchungen nicht sehen, ob es verschiedene geologische Niveaus giebt. NATHORST deutet jedoch an, dass solche vielleicht sich finden. Ebensowenig erfährt man, ob der Tuff abwechselnd mit Lehm- und Erdschichten lagert.

SERNANDER führt an, dass er an den zwei Stellen, wo er Profile im Tuff gesehen hat, keinen Unterschied in paläontologischer Beziehung zwischen den verschiedenen Schichten entdecken konnte. An beiden Orten wurde nur eine Tuffbank beobachtet, und »die Pflanzenreste waren die ganze Tuffmasse hindurch gleichartig.« Auch erwähnt er nichts über Einlagerung von Lehm- oder Erdschichten.

Auch in den Tuffen in Jemtland wurden arktische Pflanzen gefunden, wie z. B. *Dryas*, *Salix reticulata* und *Betula nana*, an mehreren verschiedenen Stellen bis hinunter zu 300 m über dem Meere. *Dryas* kommt nach NATHORST bei Raftkälen vor »in gewissen fußdicken Lagern in so großer Menge, dass ihre Stämme und Zweige den Tuff fast ausfüllen können. In diesem Falle ist diese Pflanze fast die einzige, aber in einigen anderen Stücken, wo Blätter davon vorkommen, finden sich auch Nadeln von Kiefern. Die übrigen Pflanzen finden sich gewöhnlich in anderen Lagern als *Dryas*.« Über den Tuff bei Sikåskälen wird gesagt: »*Betula nana* und *Salix reticulata* kommen zusammen in einem kleineren Stücke vor und deuten vielleicht ein anderes Niveau an als die übrigen Blätter.« Auch bei Leine kommt die arktische Flora in »kleineren Tuffstücken« vor. Die Tuffbildung war damals im Begriff aufzuhören, und der Dryastuff besteht gerade aus solchen kleineren Stücken, welche in einem loseren, erdartigen Tuff liegen. Ich sehe es darum als wahrscheinlich an, dass alle diese Proben mit *Dryas*, *Salix reticulata* und ähnlichen arktischen Pflanzen bei Leine und in Jemtland gleichzeitig sind, und dass wir hier ein bestimmtes geologisches Niveau haben.

Bei den meisten der schwedischen Fundorte wird *Pinus silvestris* L. als im Tuff vorkommend angeführt. Nur von zwei Stellen, Änge Nr. 6 und Gåxsjö Nr. 15 l. c., hat NATHORST Proben bekommen mit *Salix*, *Populus* (in Menge) und *Betula*, aber ohne *Pinus*, und es könnte ja möglich sein, dass wir es hier mit Birkentuff zu thun haben. Es ist jedenfalls in Gudbrandsdalen nicht leicht eine Probe vom Kieferntuff abzuschlagen, welche nicht Reste von Kiefer enthielten, so voll ist der Tuff davon. Die Verhältnisse bei Gåxsjö scheinen nach der Beschreibung denen bei Nedre Dal zu

gleichen. Der Ort liegt nach der Karte in einer Höhe von mindestens 320 m über dem Meer, und Nathorst sagt über die Tuffschichten an dieser Stelle: »Sie kommen vor als 3 Ablagerungen um einen Bach an einem gegen Norden sich abdachenden Waldabhang.« In zweien von diesen finden sich außer *Populus* und *Betula* auch *Pinus*, aber Proben der dritten lieferten nur *Populus tremula* L. (in großer Menge) und eine *Betula* sowie »verkalkte Stämme«, deren Beschaffenheit nicht näher angegeben wird. Bei Nedre Dal fanden wir den Birkentuff nicht unter dem Kieferntuff liegend, sondern er war neben ihm abgelagert, weil der Bach oder die Quellen ihren Lauf verändert hatten. Etwas ähnliches könnte vielleicht bei Gåxsjö stattgefunden haben.

Soviel ist jedenfalls klar, dass die klimatischen Wechsel in den Feuchtigkeits- und Temperatur-Verhältnissen, welche für Gudbrandsdalen nachgewiesen sind, ihre Wirkungen auch auf Jemtland erstreckt haben müssen, und die Tuffe von Jemtland müssen daher unter diesem Gesichtspunkt einer erneuten Untersuchung unterzogen werden. Aber man muss bedenken, dass es nicht außer dem Bereich der Möglichkeit liegt, dass die Kiefer nach Jemtland gekommen ist, ehe sie nach Gudbrandsdalen kam, und dass also der Tuff, welcher in Jemtland gleichzeitig mit dem Birkentuff von Gudbrandsdalen gebildet wurde, vielleicht Kiefernreste enthalten könnte. Die meiste Aussicht, Birkentuff und Dryastuff zu finden, sollte man an den Fundorten haben, welche am höchsten über dem Meere liegen. Gleichfalls muss untersucht werden, ob nicht die festeren Tuffschichten abwechselnd lagern mit mehr lockerem erdartigem Tuff, in welchem dann die arktischen Pflanzen zu erwarten wären (wie bei Leine), oder mit Erd- oder Lehmschichten.

Eine solche Wechsellagerung ist nämlich nicht etwas, was dem Tuff in Gudbrandsdalen eigentümlich ist, sondern sie ist in den Tuffbildungen des Auslandes allgemein.

Senft liefert[1]) ein Profil von einer Kalktuffbildung bei Langensalza, wo unter 0,6 m mergelhaltiger Erde lockerer, erdartiger, humushaltiger Kalktuff folgt (0,6—1 m), darunter ein fester Tuff (wohl 6 m), dann schwarzgrau lehmhaltige Tufferde (0,15 m), darauf wieder eine Tuffbank mit Blattabdrücken (7 m), dann lockerer Kalksand und darunter wieder Kalktuff, welcher nicht durchbohrt wurde. Hier haben wir also mindestens 3 Tuffetagen, welche mit Erdschichten, Lehm und Sand wechseln.

Desgleichen beschreibt Fliche[2]) eine Bildung, wo unter einer 0,5 bis 0,6 m mächtigen Humusschicht vier 0,20—0,85 m dicke Tuffbänke sich finden mit drei 0,05—0,07 m dicken zwischenliegenden Erdschichten, und

1) Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft XIII, 1861, Seite 319.
2) Note sur les tufs et tourbes de Lasnez, près de Nancy (Bull. Soc. Sc. Nancy 1889).

er sagt: »Les tufs sont interrompus par les remarquables sols végétaux qui correspondent à des périodes pendant lesquelles le climat était au moins aussi sec qu'aujourdhui, puisque maintenant aussi les eaux de Lasnez ne laissent plus déposer de tufs. En un mot, nous sommes en présence d'alternances de climats tantôt humides, tantôt plus secs exactement semblables à celles que l'étude des tourbières de la péninsule Scandinave a révélées à M. Blytt.«

Und in seiner Synopsis der Mineralogie und Geologie [1]) sagt Senft über Kalktuffbildungen im allgemeinen, dass der Tuff häufig mit dünnen Lehmschichten abzuwechseln pflegt, der Art, dass dieser Wechsel eine allgemein verbreitete Erscheinung ist; und da wir jetzt gesehen haben, dass die zwei Tuffetagen in Gudbrandsdalen sich mit Hülfe der Fossilien unterscheiden lassen, so ist es wahrscheinlich, dass der Wechsel von Tuff mit lockeren Erd- und Lehmschichten seinen Grund in einer allgemeinen klimatischen Periode hat, und dass es diese Periode ist, welche bedingt, dass eine solche abwechselnde Lagerung auch anderwärts eine allgemeine Erscheinung ist.

Die Gegenwart ist eine verhältnismäßig trockene Zeit mit keiner oder unbedeutender Tuffbildung. C. Elberling [2]) sagt über die zahlreichen von ihm untersuchten dänischen Kalktuffbildungen: »Die untersuchten Bildungen müssen als abgeschlossen bezeichnet werden; überall war der Kalk mit einer mehr oder weniger mächtigen Erdschicht bedeckt.« Wir haben gesehen, dass die Tuffbildung sowohl in Gudbrandsdalen als in Jemtland, bei Langensalza und bei Nancy abgeschlossen ist. Bei Benestad in Schoonen findet sich auch eine jetzt abgeschlossene Tuffbildung, und wir dürfen da den Schluss ziehen, dass für Europa die Tuffbildung in der Gegenwart von geringerer Bedeutung ist, als sie früher war.

Und dasselbe ist der Fall mit der Torfbildung. Die norwegischen Torfmoore befinden sich gegenwärtig in einem mehr oder weniger ausgetrockneten Zustand, und die Torfbildung hat zu einem wesentlichen Teil aufgehört [3]). Auch die schwedischen Torfmoore sind in unseren Tagen verhältnismäßig trocken. [4]) Dasselbe ist der Fall in Finnland [5]), auf der Halbinsel Kola [6]), in Russland im Gouvernement Kasan [7]), in Öster-

1) III, 2, Seite 1251 (Hannover 1878).

2) Vidensk. Meddel. Naturh. Foren. Kbhvn. 1870, p. 262.

3) Siehe A. Blytt, Christiania Vid. Selsk. Forh. 1882, n. 6, p. 7.

4) Johanson, Bot. Sect. Natv. Studentsällsk. Upsala 5. November 1887.

5) Hjelt und Hult: Veg. i Kemi Lappmark och Norra Österbotten. Helsingfors 1885 p. 82; Hult in Acta Soc. Fauna Fl. Fenn. t. III, n. 1, p. 67 und öfter.

6) Kihlman, Acta Soc. Fauna et Flora fennica t. VI, n. 1, p. 116. Kihlman erklärt es aus dem in den Mooren gegenwärtig vorhandenen Grundeis. Ich sehe keinen eigentlichen Unterschied zwischen seiner und meiner Erklärungsweise; denn mit dem strengeren Klima der Gegenwart muss in nördlichen Gegenden auch die Bildung von Grundeis eingetreten sein. Auch Kihlman's Erklärungsweise setzt die Wahrscheinlichkeit einer Änderung im Klima voraus.

7) Korschinsky, Bot. Centralbl. 1889, II, p. 257.

reich[1]), der Schweiz[2]), Schottland[3]), ja sogar in Irland[4]), ebenso in Dänemark, über dessen Torf STEENSTRUP sagt[5]), »dass sein Nachwuchs unter den gegenwärtigen Natur- und Culturverhältnissen so gering ist, dass er in land- und staatsökonomischer Hinsicht als nicht stattfindend angesehen werden kann.« Man kann also vom ganzen mittleren und nördlichen Europa sagen, dass Tuff- und Torfbildung in der Gegenwart sehr beschränkt ist, und dass sie in vergangenen Tagen weit bedeutender war.

Tuff und Torf bilden sich also besonders in den regnerischen Zeiten, und wie die Tuffbänke den Torfschichten entsprechen, so entsprechen die zwischen den Tuffschichten liegenden Lehmschichten oder Erdschichten den zwischen den Torfschichten befindlichen Lagen von Wurzelresten.

Das Alter der Tuffe.

Die Torfmoore im südlichen Norwegen bestehen, wenn sie über der höchsten marinen Stufe liegen, aus vier Torfschichten mit drei zwischengelagerten Waldschichten, und sie sind, seit sie anfingen sich zu bilden, jetzt zum vierten Male mit Wald bewachsen. Auf eine ähnliche Anzahl wechselnder Perioden deuten auch die dänischen Torfmoore mit ihren vier Torfschichten, welche zuweilen von Wurzelschichten geschieden werden. Torfmoore mit allen drei Wurzelschichten sind aus Dänemark bekannt[6]); gleichfalls aus einzelnen Theilen Schwedens, Södermanland, Smaaland und Dalsland[7]). Moore mit drei Wurzelschichten kennt man auch aus Schlesien[8]), aus England und Schottland[9]) und aus dem Juragebirge (mehr als zwei)[10]).

Die von FLICHE beschriebenen 4 Tuffbänke, welche mit Erdschichten wechseln, repräsentieren nach ihm die postglaciale Zeit bei Nancy, sodass wir also auch am Fuße der Vogesen dieselbe Anzahl Wechsel haben wie in dem südlichen Skandinavien. Und im Tuff bei Benestad in Schoonen finden sich nach NATHORST Niveaus, welche jedenfalls dreien von STEENSTRUP's Perioden entsprechen, denen der Espe, der Kiefer und der Eiche[11]). Aber ein Profil dieser Tuffbildung ist unseres Wissens nicht mitgeteilt worden,

---

1) G. RITTER VON BECK, Annalen des k. k. naturh. Hofmuseums III, n. 1, p. 73 ff.

2) FRÜH: der gegenwärtige Standpunkt der Torfforschung p. 66.

3) J. GEIKIE: Prehistoric Europe p. 489—490, 532.

4) KINAHAN: Geology of Ireland. London 1878 p. 267.

5) Kgl. D. Vid. Selsk. Afh. IX, p. 23.

6) LESQUEREUX: Untersuch. über die Torfmoore im Allgem. etc., herausgegeben von A. v. LENGERCKE, Berlin 1847, in einer Anmerkung.

7) Siehe FALKMANN: Über die schwedischen Brenntorfmoore etc., Stockholm 1869, vergl. JOHANSON, Bot. Sekt. Natv. Studentsällsk. Upsala 5. november 1887, und SERNANDER, Bot. Not. 1890, n. 1.

8) Schlesische Gesellschaft für vaterl. Kultur, 24. November 1884.

9) J. GEIKIE: Prehistoric Europe, p. 420—423, 456 etc.

10) LESQUEREUX l. c., p. 67.

11) NATHORST, föredrag etc., p. 9.

so dass man nicht sehen kann, ob der Tuff bei Benestad mit loseren Bildungen wechselt.

Schon im Jahre 1878[1]) habe ich ein Profil eines vollständigen südskandinavischen Moores mit allen Etagen desselben mitgeteilt. Dieses Profil, welches teils auf meine eigenen Untersuchungen, teils auf die Steenstrup's in Dänemark gegründet ist, zeigt von oben nach unten folgende Schichten:

Gegenwart: Wald auf vielen Mooren.

Subatlantische Zeit, Sphagnum-Schicht. Die Buchenperiode. Steenstrup's Erlenperiode.

Subboreale Zeit, Schicht von Wurzeln.

Atlantischer Torf. Steenstrup's Eichenperiode.

Borealer Wurzelschicht.

Infraborealer Torf[2]). Steenstrup's Kiefernperiode.

Subarktischer Wurzelschicht.

Subglacialer Torf. Die Birkenperiode. Steenstrup's Espenperiode.

Arktischer Lehm mit Dryas, Salix polaris u. s. w.

Glacialer Grundmoräne.

Seit das Inlandeis aus Dänemark und dem südlichen Schweden und Norwegen gewichen ist, hat es also in diesen Gegenden 4 feuchte torfbildende Perioden gegeben.

Aber der Tuff in Gudbrandsdalen mit seinen 2 Tuffetagen deutet nur auf 2 feuchte Perioden. Welchen der 4 südskandinavischen Torfschichten entspricht nun der Kiefern- und Birkentuff Gudbrandsdalens?

In meiner Beschreibung des Tuffes bei Leine[3]) habe ich die Vermutung aufgestellt, dass die 2 Tuffbänke bei Leine vielleicht den 2 jüngsten Torfschichten entsprechen könnten. Solange man nur den Tuff bei Leine kannte, war eine solche Anschauung nicht unwahrscheinlich; aber sie muss jetzt verworfen werden, seit der Tuff bei Nedre Dal bekannt geworden ist, und ich nehme jetzt aus Gründen, die unten angeführt werden sollen, an, dass der Tuff in Gudbrandsdalen etwas älter sein muss. Man kann sich ja auch leicht denken, dass der Kalkgehalt im Boden erschöpft werden kann, so dass die späteren feuchten Zeiten ohne Tuffbildung vorüber gehen können. Ja, da wir bei Nedre Dal sahen, dass der Kieferntuff neben dem Birkentuff lag, und nicht über demselben, ist sogar die Möglichkeit vorhanden, dass sich jüngere Tuffschichten sowohl bei Nedre Dal als auch bei Leine finden können, obwohl ich das für wenig wahrscheinlich ansehe.

1) Zeitschrift für populäre Darstellungen der Naturwissenschaft. Kopenhagen.

2) Da die subarktische Zeit in Wirklichkeit in 3 Teile zerfällt, habe ich hier die neuen Bezeichnungen »infraboreal« und »subglacial« für die 2 Torfschichten aus dieser Zeit eingeführt, und werde im Folgenden »subarktisch« nur als Bezeichnung der trockenen Zeit gebrauchen, aus der sich die älteste der 3 Wurzelschichten schreibt.

3) »Naturen« l. c.

Wollen wir das Alter der Tuffe bestimmen, so müssen wir von vorn herein bedenken, dass das Tierleben und der Pflanzenwuchs einer Gegend nicht blos von der Mittelwärme des Jahres abhängig ist, sondern auch in hohem Grade von der Verteilung der Wärme auf die verschiedenen Jahreszeiten, sodass Gegenden mit Küstenklima eine ganz andere Flora und Fauna haben, als Gegenden unter demselben Breitegrad, aber mit continentalem Klima.

Aus den trockenen Zeiten haben wir wenige oder gar keine Pflanzenreste. Wir müssen daher vorsichtig sein mit der Schlussfolgerung, dass eine Art während dieser oder jener Periode nicht eingewandert sei. Sie kann sehr wohl im Lande gewesen sein während langer trockener Perioden, in denen wenig oder kein Tuff und Torf gebildet wurde. Und wenn sie das Küstenklima scheut, kann sie während der feuchten Perioden verdrängt worden sein. Dies gilt zum Beispiel von der Fichte, welche deutlich das Seeklima nicht liebt, da sie auf der südlicheren Westküste Norwegens sehr selten ist und nur spärlich und vereinzelt in den innersten Teilen der Fjorde der Westküste auftritt[1]. Einzelne Forscher nehmen an, dass die Fichte in einer sehr späten Zeit eingewandert ist. Gegen diese Meinung spricht Folgendes: Die Fichte hat einen ziemlich schweren Samen, der sich für lange Transporte nicht wohl eignet. Der Baum trägt erst im Alter von 30—35 Jahren keimfähigen Samen[2]. Die Fichte muss darum ein langsam wandernder Baum sein. Wenn wir ihre große und weite Verbreitung über Skandinavien in Betracht ziehen, müssen wir demgemäß glauben, dass sie lange Zeiträume gebraucht haben muss, um so verbreitet zu werden. Diese Vermutung wird durch einen Fund bestätigt, welchen man in dem Moor bei der landwirtschaftlichen Schule von Aas bei Christiania gemacht hat. In der Sammlung dieser Schule werden Fichtenzapfen aufbewahrt, welche, nach Angabe des Herrn Docent Fougner, beim Torfstich auf dem Grunde des Moores von Aas gefunden wurden, 9 Fuß unter der Oberfläche. Die tiefsten Schichten in diesem Moore sind aus der borealen Zeit und haben also ein sehr bedeutendes Alter. Wenn die Zapfen wirklich vom Grunde des Moores genommen sind, dann wäre die Fichte also schon in der borealen Zeit in das südöstliche Norwegen eingewandert.

Etwas ähnliches gilt von der Buche. Ihre zerstreute Verbreitung in Norwegen deutet darauf hin, dass sie vor langer Zeit eingewandert ist. Auf der ganzen Westküste wächst sie wild nur bei Säimstrand nördlich von Bergen. Östlich von Lindesnäs hat sie wie bekannt auch eine zerstreute Verbreitung. Dass die Buche wirklich wild bei uns ist, geht unter anderem daraus hervor, dass eine Menge der Schwämme, welche den Buchenwäldern eigentümlich sind, sich in den norwegischen Buchenwäldern finden.

---

1) Über ihre Ausbreitung in Norwegen siehe A. T. Glöersen im Jahrbuch des Norwegischen Forstvereins für 1884.

2) Schübeler: Viridarium Norvegicum II, p. 424. Christiania 1886.

Aber die Buche ist bisher in unseren Mooren nicht gefunden worden, und in den dänischen ist sie auch sehr selten. Sie wächst wie die Fichte nicht gern an feuchten moorigen Stellen, und ihre Blätter werden darum vielleicht nicht so leicht aufbewahrt wie z. B. die Blätter von *Alnus glutinosa* und anderen Bäumen, welche die Feuchtigkeit weniger scheuen. Dass auch die Buche schon in einer fernen Vorzeit sich in dem nordwestlichen Europa fand, geht mit Sicherheit hervor aus Funden in mehreren jütländischen und schleswigholsteinschen Mooren, wo man sie bis 2 m unter der Oberfläche gefunden hat[1]).

Wie bekannt, sinken die Höhengrenzen sowohl der Bäume als der Büsche in den westlichen Küstengegenden, und dieses Sinken ist außerordentlich bedeutend. So liegt die Kieferngrenze in den inneren Gegenden von Sogn (61° n. Br.) 880—940 m über dem Meere, sinkt aber in den äußeren Gegenden bis auf 380—390 m herab, und zwar, wohl zu merken, nicht draußen an der offenen, stürmischen und baumlosen Meeresküste, sondern in geschützten Gebirgsthälern[2]). Dasselbe Sinken der Baumgrenzen finden wir überall an unserer Küste. So liegt z. B. in Ranen (66°—66° 30′ n. Br.) die Birkengrenze draußen an der Meeresküste über 300 m tiefer als in den inneren Thälern[3]), um auch ein Beispiel aus dem nördlichen Skandinavien zu nennen.

Da nun während der regnerischen Zeiten das Küstenklima viel ausgeprägter war und sich weiter in das Land hinein erstreckte, so müssen auch die Baumgrenzen während der wechselnden Perioden auf- und abgerückt sein, und nach dem, was wir aus den oben angeführten Beispielen gesehen haben, kann dieses Steigen und Fallen der Baumgrenzen möglicherweise sogar sehr bedeutend gewesen sein.

Es ist eine allgemeine Regel, dass man Reste von Kiefernbäumen in Mooren und Binnenseen oberhalb der gegenwärtigen Kieferngrenze findet, zuweilen sogar oberhalb der Birkengrenze. A. Dal fand z. B. Kiefernstämme im Såttelsee in den nördlichen Foldalsbergen (62° 30′ n. Br., 28° ö. L.) in einer Höhe von 1180 m über dem Meere[4]). Dieses Sinken der Kieferngrenze in der Gegenwart kann vielleicht zum Teil seinen Grund in der Hebung

---

1) Vergl. Krause in Naturw. Wochenschrift 1891 n. 49, p. 494; R. v. Fischer-Benzon: die Moore der Provinz Schleswig-Holstein in Abh. Nat. Ver. Hamb. XI H. 3. Hamburg 1891 pp. 21, 60—61, 66.

2) Siehe A. Blytt: Om Vegetationsforholdene ved Sognefjorden. Nyt Magazin for Naturvidenskaberne XVI Christiania 1869 p. 104 ff.

3) A. Blytt, Verhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Christiania 1871, Seite 127.

4) Von diesen auf dem Grunde vieler Binnenseen sowohl in Schweden als Norwegen, und oft auf der Wurzel, stehenden Stämmen nimmt Sernander, und wohl mit Recht an, dass sie sich aus den trockenen Zeiten herschreiben, in denen der Wasserstand der Seen sank. (Bot. Not. 1890, n. 1.)

des Landes haben; aber diese Erklärung ist nicht genügend. An vielen Orten sind die Baumgrenzen auch durch menschlichen Unverstand gesunken. Aber ohne Zweifel haben auch klimatische Veränderungen eine Rolle gespielt. Denn viele von den in den Mooren und Binnenseen liegenden Baumresten schreiben sich sicher von Zeiten her, wo das Land noch eine unbewohnte Einöde war, in welcher der Mensch wenig oder keinen Einfluss ausübte. Und selbst wenn die Gegenwart eine verhältnismäßig trockene Zeit ist, in der die Baumgrenzen hoch liegen, so hindert nichts, anzunehmen, dass andere trockene Zeiten in noch höherem Grade als die Gegenwart das Steigen der Baumgrenzen begünstigt haben können.

Dieser Umstand, dass also die Fauna und Flora einer Gegend nicht allein von der mittleren Jahrestemperatur abhängig ist, sondern auch von der Verteilung der Wärme auf die verschiedenen Jahreszeiten, macht es schwieriger, das Klima vergangener Zeiten zu beurteilen, als man ohne nähere Überlegung glauben sollte.

Nachdem wir diese Bemerkungen vorausgeschickt haben, wollen wir die verschiedenen Tuffschichten näher betrachten, und mit dem Birkentuff anfangen, welcher der älteste ist.

Ein Zweifler könnte sagen, die Kiefer fehle im Birkentuff (und die Fichte sowohl im Birken- als im Kieferntuff) blos aus dem Grunde, weil diese Bäume zufällig nicht in der Nähe der Quellen wuchsen, zu der Zeit, als der Tuff sich absetzte, und aus diesem Grunde fehle ihr Abfall im Tuff. Aber diese Erklärung ist nicht nur unwahrscheinlich, weil wir sowohl bei Dal als bei Leine Birkentuff ohne Kiefer haben, und weil an beiden Orten (wie überall in Jemtland) die Fichte in den Tuffen fehlt; sondern die genannte Erklärung muss sogar geradezu verworfen werden, weil die im Birkentuff gefundenen Pflanzen und Schnecken subalpin sind. Sie finden sich alle auf unseren subalpinen Birkenabhängen, Faulbaum, Vogelbeerbaum, Espe, Grauerle, Saalweide, Johannisbeere sowie die übrigen, und gehen alle weit nach Norden. Wäre das Klima in Gudbrandsdalen nicht damals, als der Birkentuff sich bildete, kälter gewesen als jetzt, so müssten wir jedenfalls einzelne mehr südliche Tiere und Pflanzen im Birkentuff finden. In unseren Tagen hat Gudbrandsdalen eine ganze Anzahl südlicher Pflanzen, und, wie bekannt, ist ein kalkhaltiger Boden wie der, welcher sich an Fundorten von Tuff findet, ganz besonders günstig für südlichere Formen von Pflanzen und Schnecken[1]. Bei Dal wachsen der Ahorn, die Fichte und die Birke der Niederung, bei Leine die letztere in Menge an den Fundorten des Tuffes. Im Birkentuff ist von keinem von diesen eine Spur. Und viele andere mehr südliche Arten finden sich in Menge das ganze Thal hinauf

---

1) Siehe wegen der Schnecken JORDAN: die Binnenmollusken (Nova Acta Leop.-Carol. XLV n. 4, Halle 1883) p. 223 ff.

bis Froen und noch weiter. Keine derselben findet sich im Birkentuff. Die Schnecken bezeugen dasselbe wie die Pflanzen. Es sind alles Arten, welche zu den subalpinen Gebirgsgegenden emporsteigen und weit nach Norden gehen. Darum haben wir ein Recht, anzunehmen, dass das Klima in Gudbrandsdalen damals, als der Birkentuff gebildet wurde, kälter war als jetzt. Als der Birkentuff sich absetzte, lag sogar Dal über der Grenze der Kiefer. Der Tuff von Nedre Dal liegt nur 225 m über dem Meere. Die Kieferngrenze lag damals, selbst wenn man das Steigen des Landes nicht in Betracht zieht, niedriger als 225 m. Aber eine so niedrig liegende Kieferngrenze finden wir erst in den nördlichsten Gegenden Norwegens, und da besonders in den Küstengebieten. Der Birkentuff zeugt also von einem Klima, welches bedeutend kühler war als das der Gegenwart. Aus diesem Grunde muss er älter sein als die 2 jüngsten Torfschichten. Denn als diese sich bildeten, war das Klima ebenso warm und zum Teil noch wärmer als es in unsern Tagen ist.

Als der Birkentuff sich absetzte, lag ganz Gudbrandsdalen oberhalb der Grenze der Kiefern, jedenfalls von einer Höhe von 200 m über dem Meere an, und das will sagen, fast bis zum See Mjösen hinab. Das Thal und dessen Seitenwände waren in jener feuchten Zeit in Birkenwälder gekleidet, mit einer subalpinen Flora, Espe, Faulbaum, Weiden und andere solche Pflanzen, welche wir heutzutage in den Birkenwäldern auf unseren Gebirgen finden.

Der Tuff bei Leine liegt 496 m, der bei Dal 225 m über dem Meere. Der Unterschied der Höhe beträgt gegenwärtig also 271 m. Ob er damals, als der Tuff sich bildete, der gleiche war, ist zweifelhaft; denn die neusten Untersuchungen haben die Annahme von Bravais bestätigt, dass die Hebung des Landes ungleich gewesen ist, so dass die Küstengegenden sich weniger gehoben haben als das Inland [1]).

Der lotrechte Abstand zwischen den Grenzen der Kiefer und der Birke in Gudbrandsdalen und angrenzenden Gegenden ist in unseren Tagen kaum irgendwo größer als 150—200 m. Der große Höhenunterschied zwischen Leine und Nedre Dal deutet somit an, dass Leine nicht weit unterhalb der Birkengrenze gelegen haben kann, als der Birkentuff sich bildete, sondern dass es im oberen Teil der Birkenregion gelegen haben muss, vielleicht sogar unmittelbar an der Birkengrenze.

Herr Forstmeister Norman hat mir gütig eine Menge Beobachtungen mitgeteilt über die Höhe der Birkengrenze über dem Meere in den allernördlichsten Teilen unseres Landes, wo die Kiefer ganz fehlt, selbst im Niveau des Meeres. Die angegebenen Höhen für die Birkengrenze variieren

1) Siehe hierüber G. de Geer: über Skandinaviens Niveauveränderungen während der Quartärperiode (Verhandlungen der geologischen Gesellschaft zu Stockholm, Band X, XI, 1890) und A. Hansen: Studier over Strandlinier (Archiv for Mathemathik og Naturvidenskab XIV u. XV Christiania 1891).

zwischen 122 und 307 m über dem Meere. Rechnet man, wie die Torfmoore und Muschelbänke anzudeuten scheinen, dass das Ostland, als der Birkentuff sich bildete, ungefähr 100 m tiefer lag als jetzt, eine Zahl, welche natürlich nur einen annähernden Wert haben kann, so muss doch der Fundort des Tuffes bei Leine damals 400 m über dem Meere gelegen haben. Lag also die Birkengrenze damals wenigstens 400 m über dem Meere, so lag sie doch höher, als die Birkengrenze in denjenigen Teilen des Landes liegt, welche sich nördlich von der Polargrenze der Kiefer befinden. Und dieser Umstand scheint dafür sprechen, dass die Kiefer schon damals in den südlichsten, niedrigsten und günstigsten Gegenden Norwegens gewachsen sein muss, obwohl man keineswegs sagen kann, dass er beweist, dass es wirklich so der Fall war. Aber war es der Fall, dann müsste der Birkentuff mit Steenstrup's Kiefernperiode gleichzeitig sein.

Nachdem der Birkentuff gebildet war, kam eine trocknere Zeit. Die arktischen Pflanzen stiegen von den Gebirgen zum oberen Teile der Abhänge herab, gelangten jedoch kaum bis nach Dal hinunter, wo wir von ihnen keine Spur haben. Die Kiefer wanderte ein, und als die nächste feuchte Zeit eintrat, und die Tuffbildung auf's neue begann, war das ganze Thal und dessen Seiten vom Mjösen ab und jedenfalls bis Leine hinauf in Kiefernwälder gekleidet, deren Flora und Fauna auch damals im großen Ganzen ein subalpines Gepräge trug[1]). Dass eine solche gänzliche Umwandlung in der Waldvegetation eines Thales nicht in einer kurzen Zeit geschehen kann, ist klar. Die Kiefer trägt kaum keimfähigen Samen vor einem Alter von 25—30 Jahren[2]); ihre Same ist schwer und zerstreut sich nur über die nächste Umgebung. Wir dürfen daher die Kiefer wie die Fichte als einen langsam wandernden Baum ansehen. Ein solcher muss jedenfalls viele Jahrhunderte brauchen, um durch ein so langes Thal wie Gudbrandsdalen zu wandern.

Hinsichtlich des Dryastuffes bei Leine ist Folgendes zu merken. *Dryas*, *Salix reticulata*, *S. arbuscula* und *Betula nana* wachsen nicht mehr am Abhang bei Leine. Auf dieser Berghalde findet man jedoch noch einzelne Gebirgspflanzen, wie *Astragalus alpinus* L., *Oxytropis lapponica* Gaud., *Saxifraga aizoides* L. und *Primula scotica* Hook., aber auch weit südlichere Arten, wie *Betula verrucosa* Ehrh., *Centaurea Scabiosa* L., *Avena pubescens* L., *Thalictrum simplex* L., *Erysimum hieraciifolium* L. u. a. m. *Dryas*, *Salix reticulata*, *S. arbuscula* und *Betula nana* gehen jedoch in den Gebirgsthälern des mittleren Norwegens noch hie und da bis an Orte hinunter, welche nicht höher über dem Meere liegen, als Leine wahrscheinlich damals lag, als der Dryastuff sich bildete; und man braucht heutzutage kaum den

---

1) Auch die im Kieferntuff gefundenen Schnecken sind wie die des Dryastuffes subalpine Formen.

2) Schübeler, Viridarium Norvegicum II p. 382, Christiania 1885.

Berg oberhalb Leine weit hinauf zu steigen, um sie zu finden. Darum glaube ich nicht, dass man für den Dryastuff ein Klima annehmen muss, welches soviel strenger war als das gegenwärtige. Von eigentlichen Hochgebirgspflanzen, wie z. B. *Salix polaris* Wg., habe ich keine Spur im Tuff bei Leine gesehen, und man muss sich daran erinnern, dass die arktischen Pflanzen bei Leine in Gemeinschaft mit *Pinus silvestris* L. vorkommen. Wahrscheinlich wuchs auch *Cotoneaster vulgaris* Lindl. bei Leine, als der Dryastuff sich bildete. *Cotoneaster* ist eine boreale Pflanze. Sie wächst allerdings noch in den Gebirgsgegenden von Gudbrandsdalen, wo sie sogar zuweilen auf Schieferboden hoch hinauf in die Weidenzone geht; aber ihre sonstige Verbreitung in Norwegen deutet darauf hin, dass sie zusammen mit der borealen Flora eingewandert ist[1]).

Betula verrucosa Ehrh., welche sich in den jemtländischen Tuffen und im Kieferntuff bei Leine findet, ist auch eine boreale Art. Sie überschreitet in Norwegen kaum den 64. Breitegrad, steigt nur bis zu 600 m über dem Meere empor und findet sich in Gudbrandsdalen gerade bis nach Våge hinauf. Ihr Vorkommen im Kieferntuff bei Leine zeigt, dass sie schon damals fast ebenso hoch hinaufstieg wie in unseren Tagen. Und wenn man überdies bedenkt, dass der Kieferntuff sich aus einer feuchten Zeit herschreibt, wo die Grenzen verhältnismäßig tief lagen, so kann, als der Kieferntuff gebildet wurde, das Klima kaum kälter gewesen sein als jetzt.

Der Birkentuff lässt also auf ein kälteres Klima als das gegenwärtige schließen, und er muss für älter als die zwei jüngsten Torfschichten angesehen werden. Aber der Dryastuff und der Kieferntuff enthalten jedenfalls einzelne Pflanzen (*Cotoneaster* und *Betula verrucosa*), welche boreal sind, und ich glaube darum, dass diese Tuffe aus einer Zeit stammen, als das Klima nicht viel kälter war, sondern möglicherweise ebenso mild, ja, was den Kieferntuff betrifft, vielleicht sogar milder als in unseren Tagen. Demnach würde also der Birkentuff infraboreal, der Dryastuff vom Anfang der borealen Zeit und der Kieferntuff atlantisch sein.

Andere Spuren wechselnder Perioden in unseren Gebirgsthälern.

Aus der Karte über die Moränenreihen in Norwegen, welche Kjerulf's Übersicht über die Geologie des südlichen Norwegens[2]) beigegeben ist, ersieht man, dass das Eis sich nicht mit einem Male aus dem ganzen Lande zurückgezogen hat, sondern dass es während seines Zurückweichens lange,

1) *Anthyllis vulneraria* L. ist ein anderes Beispiel für boreale Pflanzen, welche an einzelnen Stellen auf Schieferboden in der Weidenzone in Gemeinschaft mit arktischen Pflanzen wachsen.

2) l. c. Tafel VII.

mehr oder weniger zusammenhängende Reihen von Moränen[1]) hinterlassen hat. Die äußeren und ältesten dieser Reihen erstrecken sich über so große Teile des Landes, dass sie sich kaum erklären lassen ohne die Annahme, dass sie ihren Ursprung einer allgemeinen klimatischen Periode verdanken, und dass die Abschmelzung unter dem Wechsel trockener und feuchter Zeiten vor sich ging. In den feuchten Perioden rückte der Rand des Eises wieder etwas vorwärts, und die Moränenreihen liegen an den Stellen, wo der Eisrand, als die Feuchtigkeit ihren höchsten Grad erreicht hatte, eine Zeit lang stille stand, bevor er wieder anfing sich zurückzuziehen. Eine solche ausgeprägte Moränenreihe ist z. B. Kjerulf's vierte Reihe, welche etwas nördlich von dem 60. Breitegrad im östlichen Lande vor dem Südende unserer größeren Binnenseen Mjösen, Spirillen und Kröderen liegt, und den Randsfjord durchschneidet. Aber es giebt mehrere dieser äußeren Reihen, welche auf große klimatische Umschläge schließen lassen; und dieser Umstand scheint zu zeigen, dass die Abschmelzung des Landeises nicht im Laufe von einigen Hundert oder ein paar Tausend Jahren stattgefunden, sondern dass sie sehr viele Jahrtausende in Anspruch genommen hat. Es ist somit sehr unwahrscheinlich, dass das Eis in unseren Gebirgsthälern in derselben trockenen Periode weggeschmolzen sein sollte, in der es in Dänemark und dem südlichen Skandinavien schwand. Während Steenstrups Espen- und Kiefernperioden hatte sogar Dänemark eine unverkennbar nordisch subalpine Flora und Fauna. Man muss annehmen, dass die Gletscher Skandinaviens damals weit mächtiger waren als in der Gegenwart. Unsere höchsten Berge, z. B. das Gebirge Jotunheim, hatten damals ohne Zweifel weit mehr Schnee und Eis als jetzt, und die davon ausgehenden Thalsenkungen Ottadalen, Sjodalen und Vinstradalen, welche alle nach Gudbrandsdalen münden, sind wahrscheinlich weit länger herab in der Zeit, als Thäler, welche von niedrigeren Gebirgen kommen, die Lagerstätten großer Gletscher gewesen. Dass diese Gletscher, welche einen Ablauf der mächtigen Schnee- und Eismassen der Jotunberge bildeten, sich wenigstens während der subglacialen Periode bis nach Gudbrandsdalen hinein erstreckt haben können, ist keine ungereimte Annahme.

Schon in meiner Theorie über die Einwanderung der norwegischen Flora[2]) habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass »kein Torf sich bilden kann, ehe das Eis geschmolzen ist«, und dass »in Gegenden, wo das Eis spät schmolz, die älteren Etagen im Torf fehlen müssen«; sodass »wir in unseren Torfmooren vielleicht ein Mittel haben, um den Fortschritt im Abschmelzen der Eismassen zu bestimmen.«

1) Penck (Jahrb. Geogr. Ges. München VII. p. 56) sagt: »Solches gilt nicht nur für Norwegens Vergletscherung, sondern für alle jene bedeutenden Eismassen, welche einst auf der Erde entfaltet waren. Deutlich sieht man, wie in Süddeutschland die Vereisung etappenweise nach den Alpen zurückgegangen ist.«

2) Nyt Magazin for Naturvidenskaberne XXI p. 333, Christiania 1876.

Die Torfmoore in Gudbrandsdalen sind noch nicht untersucht. Aber in dem östlich angrenzenden Österdal, dessen klimatische Verhältnisse und Höhe über dem Meer im wesentlichen mit Gudbrandsdalen übereinstimmen, hat Herr Cand. real. Adolf Dal über 30 Torfmoore untersucht, und er hat in ihnen allen, selbst in denen, welche hoch über dem gegenwärtigen Flusslauf liegen, zwei Torfschichten und zwei Wurzelschichten gefunden, von denen die eine auf dem Grunde, die andere oben im Torfe sich befindet. Nur bei Evenstad (61° 30′ n. Br., 28° 40′ ö. L.) fand er die Spur einer dritten Torfschicht unter der ältesten der beiden Wurzelschichten. Diese Untersuchungen Dal's, welche bald in den Verhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Christiania veröffentlicht werden sollen, scheinen also für Österdalen auf weniger feuchte Perioden zu deuten als die Moore im südlichen Norwegen, und die Annahme zu bestätigen, dass das Eis sich in diesen Thälern länger gehalten hat als im Süden. Auch der obere Teil von Österdalen und dessen Seitenthäler, Foldalen und Rendalen, sind von hohen Berggruppen umgeben, welche große Gletscher genährt haben müssen, so die Gebirge Rendalssölen, Elvedalssölen, Rondane und vor allem Snehätten auf dem Dovrefjeld und die wilden Hochgebirge in der Umgebung, wo sich noch heutzutage wirkliche Gletscher finden.

Ich habe Gelegenheit gehabt, einige der Holzproben zu untersuchen, welche Dal in den Mooren von Österdalen gesammelt hat, und darunter befand sich aus der ältesten der beiden Torfschichten Kiefernholz, sowohl von Åmot als von Storelvdalen, ja, an letzterem Ort (bei Evenstad) fand Dal Kiefernzapfen in der älteren der zwei dort vorkommenden Wurzelschichten. Die zwei Torfschichten, in denen Kiefer gefunden wurde, sind ohne Zweifel beide jünger als der Birkentuff in Gudbrandsdalen. Vermutlich findet sich in Österdalen noch eine ältere Torfschicht ohne Kiefer. Vielleicht ist es diese, von welcher Spuren bei Evenstad gefunden wurden. Die älteste Torfschicht ist in den Mooren oft von geringer Mächtigkeit, und solche wenig mächtige Schichten sind in trockenen Zeiten leicht der Gefahr ausgesetzt, auszutrocknen und bei Wald- und Moorbränden zerstört zu werden. In der borealen Zeit wurden ohne Zweifel viele Torfschichten auf diese Weise zerstört, und Kohle ist sehr häufig in den Mooren.

Die oberen Teile von Gudbrandsdalen und Österdalen und deren Seitenthäler, z. B. Foldalen [1]), zeichnen sich durch ihre schönen und regelmäßigen Flussterrassen aus. Ich habe an mehreren Stellen in Foldalen, ja fast bis unmittelbar an den Fuss des Snehätten an den Flüssen Kalvilla und Stropla beobachtet, dass, wenn man vom Fluss aus an den Seiten des Thales emporsteigt, 3 deutliche Terrassen über einander sind. Und über diesen 3

1) Foldalen liegt unter ca. 62° 10′ n. Br. und 27—28° 30′ ö. L., Rendalen und Lilleelvdalen etwas östlicher.

Terrassen in noch größerer Höhe über dem Boden des Thales findet man an vielen Stellen in Rendalen, Lilleelvdalen und Foldalen, aber auch im oberen Teil von Gudbrandsdalen zwei deutlich ausgeprägte Linien, welche an den Bergseiten entlang laufen, und welche man (nach A. HANSEN's Vorschlag) mit dem Namen bezeichnet, welchen die Bauern ihnen geben, nämlich »Sete«, plur. »Seter«. Wir wollen zuerst die Terrassen und ihre vermutliche Bildung besprechen.

Als das Eis sich aus diesen Thälern zurückzog, hinterließ es Massen von Moränenmaterial, welches die Flüsse zu sortieren begannen. Aus diesem Moränenmaterial sind wohl hauptsächlich die Terrassen gebildet.

Um zu verstehen, wie die Flüsse die regelmäßigen Terrassen hervorgebracht haben, ist es natürlich, anzunehmen, dass ihre Wassermasse und Transportfähigkeit gewechselt hat. Wenn der Fluss klein ist, vermag er nicht zu erodieren. Er wandert dann langsam über den Thalboden hin, wechselt oft sein Bett, und ebnet den mit lockeren Moränemassen angefüllten Thalboden zu einer gleichmäßigen Fläche. Kommt dann eine Zeit mit stärkeren Niederschlägen, so wächst der Fluss; er erhält größere Kraft, Lehm, Sand und Kies mit sich zu führen, und er fängt an, sich in den zuvor ebenen Thalboden hinein zu wühlen. Die unterwühlten Flussufer stürzen ein. Der Fluss bemächtigt sich des Herabgestürzten und führt es mit sich. Dadurch wird eine Terrassenstufe geschaffen, und der Fluss geht jetzt gleichsam in einem neuen Thal, welches in der alten Thalfüllung ausgehöhlt ist, auf beiden Seiten umgeben von einer Terrasse. Durch Abstürzen wird das neue Flussbett beständig breiter. Nehmen nun die Niederschläge wieder ab, so wird der Fluss, wie während der vorigen trockenen Zeit, sein neues Bett unter beständig wechselndem Laufe zu einer neuen Fläche ebnen. Es kann natürlich geschehen, dass er auf der einen Thalseite ältere Terrassen oder sogar alles, was lose ist, wegnimmt und den Fels bloslegt. In diesem Falle bekommen wir weniger oder sogar keine Terrassen auf der einen Thalseite. Nach einiger Zeit wachsen die Niederschläge wieder. Der Fluss beginnt auf's neue zu erodieren, und eine neue Terrassenstufe bildet sich innerhalb der alten und auf einem niedrigeren Niveau. Wir haben dann zwei Terrassen auf jeder Seite des Flusses. Und so geht es weiter unter wechselnden Perioden mit schwächeren und stärkeren Niederschlägen.

Da der Fluss an der einen Stelle ein stärkeres Gefälle hat als an anderen, und da seine Fähigkeit zu erodieren mit der Schnelligkeit des Stromes wechselt, sind die Verhältnisse in der Wirklichkeit freilich etwas verwickelter; aber diese Theorie scheint mir doch die natürlichste von den Theorien zu sein, die man aufgestellt hat, um die Terrassen in unseren hochgelegenen Thälern zu erklären; sie ist vertheidigt von PENCK[1]) und wird anerkannt auch von NEUMAYR[2]), welcher sagt: »Wenn in langen

1) Zeiten der Thalzuschüttung in »Humboldt« April 1884, p. 121—127.

2) Erdgeschichte. I. Leipzig. 1886 p. 465 ff.

Zwischenräumen die mittlere jährliche Regenmenge eines Bezirkes sich ändert, das Klima feuchter oder trockener wird, so kommt dies natürlich auch in der Menge des Ablaufens des Flusswassers zum Ausdrucke, und eine Periodicität in dieser Richtung, die wir namentlich für die Diluvialzeit anzunehmen alle Ursache haben, muss ebenso gut wie das Auftreten von Niveauschwankungen zur Terrassenbildung führen«. »Es bleibt somit immerhin noch am wahrscheinlichsten, dass das Hauptgewicht auf klimatische Änderungen gelegt werden muss, und dass namentlich mannigfache Schwankungen der Regenmenge während und nach der Eiszeit von großem Einflusse auf die Terrassenbildung waren«. Im Reuß-, Linth-und Rheinthal ist (nach demselben Verfasser) überall die Anzahl der Terrassen fünf. Und eine gleiche Anzahl Terrassen finden wir auch oft in den unteren Teilen unserer Thäler in denjenigen Gegenden, welche ehemals unter der Meeresfläche lagen [1]).

In Foldalen und dessen Seitenthälern giebt es nur 3 deutliche Terrassen [2]); ein seltenes Mal sieht man Spuren einer vierten. Diese 3 Stufen zeugen von 3 wechselnden Perioden, seit der Gletscher sich zurückzog und der Fluss anfing Terrassen zu bauen. Das Zeugnis der Terrassen stimmt also mit dem der Moränenreihen, der Kalktuffe und der Torfmoore überein und bestätigt auch seinerseits die Auffassung, dass das Eis sich in den oberen Teilen unserer Gebirgsthäler länger gehalten hat als in dem südlichen Skandinavien.

Wenn also nur drei feuchte Perioden eingetreten sind, seit die Gletscher sich aus den oberen Teilen von Gudbrandsdalen und Österdalen zurückzogen, so müssen die Gletscher noch in der subglacialen Zeit, d. h. während Steenstrup's Espenperiode durch diese Thäler hinunter gegangen sein, und die älteste der zwei Tuffschichten, der Birkentuff, muss jünger sein als der subglaciale Torf, obwohl die Pflanzenreste in beiden Bildungen ungefähr dieselben sind. Wenn zwei geologische Bildungen dieselben organischen Reste haben, ist man zu dem Schluss, dass sie gleichzeitig sind, nur in dem Fall berechtigt, dass sie in Gegenden liegen, welche noch in der Gegenwart gleiches Klima haben; wenn dies nicht der Fall ist, so deutet die Übereinstimmung zwischen den Pflanzen- und Tierresten in den zwei Bildungen eher darauf, dass sie nicht gleichzeitig sein können. Ich will diese Betrachtungen über das Alter der Tuffe mit der Bemerkung schließen, dass Wanderungen von Pflanzen Zeit brauchen. Tausende von Jahren müssen vergehen,

---

1) Siehe Kjerulf's Übersicht. Auf diese fluviomarinen Terrassen, welche wohl wenigstens zum Teil Accumulations- und nicht Erosionsterrassen sind, habe ich die Theorie der klimatischen Perioden schon im Jahre 1881 angewandt (Verhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Christiania n. 4), also ehe Penck dieselbe Theorie auf die Terrassen des Inlandes angewendet hat.

2) Auch in den Pyrenäen sind längs der Gebirgsflüsse nur 3 Terrassen; vergl. *Lapparent*.

bis die Kiefer und andere langsam wandernde Pflanzen sich über ganz Skandinavien ausbreiten können. Wie noch heute ein Unterschied ist in Klima und Pflanzenwuchs zwischen unsern Gebirgsthälern und Dänemark, so fand wahrscheinlich auch in vergangenen Zeiten ein Unterschied statt. Die Gebirgsthäler haben wohl immer ein etwas kühleres Klima als die dänischen Ebenen gehabt.

Über »Seter« und Strandlinien und die Einwanderung der arktischen Flora.

Ehe wir an die Besprechung der Einwanderung der arktischen Flora gehen, müssen wir uns zu einer Betrachtung der Seter und Strandlinien wenden. In seinen Studien über Strandlinien[1]) versucht A. Hansen, Seter und Strandlinien durch dieselben Kräfte zu erklären. Die Seter sind nach ihm auf folgende Weise gebildet. Die letzten Reste des Landeises sollen östlich von der Wasserscheide gelegen haben. Zwischen dem Rest des Gletschers und der Wasserscheide entstanden Binnenseen, welche ihren Ablauf über die Pässe in der Wasserscheide hatten, und an den Ufern dieser Binnenseen bildeten sich die Seter teils als Strandterrassen aus losem Material, teils wurden sie durch das Scheuern des Treibeises im festen Felsen ausgehöhlt. Auf dieselbe Weise sollte Treibeis in den Felsen des Ufers die bekannten Strandlinien ausgehöhlt haben, welche in den früher submarinen Teilen des nördlichen Norwegens so häufig sind[2]). Ich habe gute Gelegenheit gehabt, sowohl Seter als Strandlinien in der Natur zu sehen, und sie sind nach meiner Meinung zwei ganz verschiedene Dinge. Die Strandlinien sind in den festen Felsen ausgehauen. Sie schreiben sich wie jene oben besprochenen Terrassen aus trockenen Zeiten mit einem strengeren Klima her. Treibeis kann unmöglich solche lange zusammenhängende Strandlinien in den festen Fels aushöhlen. Aber die sprengende Kraft des Frostes kann es. Das Wasser der Flut drang in die Spalten der Küstenfelsen ein, wo es zur Ebbezeit stehen blieb und durch Frieren den Felsen sprengte. Die losen Stücke wurden später vom Treibeis und von der Strömung fortgeführt, und die Sprengung der Strandlinie wurde fortgesetzt, so lange das Klima so streng war, dass die Sprengung mit dem Steigen des Landes Schritt halten konnte. Als das Klima milder und das Seewasser wärmer wurde, blieb dem Frost nicht Zeit, seine Arbeit zu vollenden, und die Strandlinie hob sich über das Meer. In der nächsten kalten Periode wurde eine neue Linie ausgehöhlt, so dass die Strandlinien diejenigen Zeiten bezeichnen, welche ein strengeres Klima hatten. Diese Theorie, welche ich im Jahre

---

1) Archiv for Mathematik og Naturvidenskab XIV und XV 1891.

2) Hansen nennt die Seter im Inland »Indlandsseter«, die Strandlinien nennt er »Kystseter«. Ich ziehe es vor, die ersteren kurzweg Seter und die letzteren Strandlinien zu nennen. Ich finde es nämlich unrichtig, denselben Namen auf zwei Bildungen anzuwenden, welche nach meiner Meinung so verschiedenartig sind.

1881 aufstellte[1]), hat später eine schöne Bestätigung durch THOULET's Untersuchungen an der Küste von Neufundland gefunden, über welche SUPAN in seinem Referat[2]) sagt: »Für die Küste Neufundlands und der umliegenden Länder ist hauptsächlich der Frost in Verbindung mit den Tiden das gestaltende Element; das entscheidende Moment liegt darin, dass das Wasser zur Zeit der Flut in das Gestein eindringt, zur Ebbezeit gefriert und das Gestein lockert, worauf bei Flut Abspülung der Trümmer und tieferes Eindringen des Wassers erfolgt«[3]).

Die Seter sind nicht in den festen Fels gesprengt, wenigstens nicht in der Regel. Von allen Setern, welche ich gesehen und befahren habe, war nicht ein einziger in den Fels hinein ausgehöhlt. Überall war die Fläche und der Fuß der Seter aus losem Kies gebildet, und nur der Rücken war oft von festem Fels[4]).

HANSEN nimmt an, dass der letzte Rest des Landeises nicht längs der Wasserscheide, sondern östlicher lag. Diese Annahme stützt er auf die Thatsache, dass lose Blöcke von den niedrigeren Bergen im Osten der Wasserscheide während der Eiszeit oft in westlicher Richtung nach der Wasserscheide hin und sogar über dieselbe hinweggeführt wurden. Die Gletscherscheide müsse da östlich von der Wasserscheide gelegen haben.

SCHJÖTZ[5]) meint dagegen, dass der letzte Rest des Landeises gerade längs der Wasserscheide gelegen haben müsse. Nur während des Maximums der Eiszeit kann die Gletscherscheide östlich von der Wasserscheide gelegen haben. Aber indem das Eis an Mächtigkeit abnahm, rückte die Gletscherscheide nach Westen und fiel schließlich mit der Wasserscheide zusammen. In diesem Falle kann nie eisfreies Land zwischen der Gletscherscheide und der Wasserscheide gewesen sein, und aufgestaute Gletscherseen im Sinne HANSEN's sind dann eine physische Unmöglichkeit.

Die Meinung von SCHJÖTZ scheint mir natürlicher zu sein als die von HANSEN. Wir sehen ja noch heute, dass die letzten Reste des Landeises, Folgefon, Justedalsgletscher, Svartisen u. s. w. weit nach Westen auf dem

---

1) Verhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Christiania 1881 n. 4.

2) PETERMANN's Mitteilungen XXXIV. 1888. Litteraturbericht p. 11.

3) HANSEN's Einwendungen gegen diese Theorie scheinen mir hinfällig zu sein. Es würde jedoch zu weit führen, wollte ich sie an dieser Stelle widerlegen. Es ist wohl überflüssig zu bemerken, dass ich auch in vielen anderen Beziehungen mit dem geehrten Verfasser der »Studien über Strandlinien« durchaus nicht einig bin.

4) Nur an einer einzigen Stelle (in einem Sete am Fuße des Nystuhö gegen Kalvilla auf Dovre) war etwas vom Fels ausgesprengt; aber dies war so rein lokal und in so geringer Ausdehnung, nur einige wenige Schritt, dass es ganz außer Betracht gelassen werden kann. HANSEN führt an, dass in Rendalen Seter sein sollen, welche im Felsen ausgehöhlt sind. Aber auch hier ist die Oberfläche und der Fuß des Sete mit Geröll und losem Kies bedeckt; es ist also wahrscheinlich, dass auch diese Seter nicht im Felsen ausgehöhlt sind.

5) Nyt Magazin f. Naturvidenskaberne XXXII, p. 258 ff.

Hochgebirge liegen, welches zuerst die Seewinde auffängt und sie ihrer Feuchtigkeit beraubt. Und wir sehen, dass noch heute unsere höchsten Berge die Orte sind, welche am meisten Schnee und Eis haben. In den Gegenden, welche der Gegenstand dieser Abhandlung sind, haben wir noch heute in den Jotunbergen große Firnmassen und echte Gletscher. Ebenso auf dem Snehätten (Dovrefjeld) und in der anstoßenden wilden Gebirgsgruppe. Aber auf jenen niedrigeren Gebirgen östlich von der Wasserscheide, wo nach Hansen der letzte Gletscherrest gelegen haben soll, findet sich nur wenig ewiger Schnee und keine Spur von Gletschern.

Darum glaube ich mit Schjötz, dass es unsere höchsten Gebirge gewesen sind, welche das Landeis am längsten bewahrt haben, und dass ein Aufstauen von Gletscherseen zwischen Wasserscheide und Gletscherscheide nicht anzunehmen ist.

Gleichwohl kann es vielleicht wahr sein, dass die Seter (wenigstens zum Teil) an Seeufern, welche an Gletschern aufgestaut waren, gebildet sein oder ihre letzte Gestalt bekommen haben können. Die oberen Teile von Österdalen und dessen Seitenthäler sind auf allen Seiten von hohen Gebirgen umgeben. Während des letzten Teiles der Eiszeit, als das ehemals zusammenhängende Landeis sich in lokale Gletscher auflöste, sind Gletscher aus verschiedenen Thälern im oberen Teil von Österdalen zusammengetroffen, und unter diesen Verhältnissen können möglicherweise Gletscherseen in eisfreien Seitenthälern aufgestaut worden sein.

Aber die Gletscherseetheorie kann nicht alle Seter erklären. Die Seter auf dem Dovrefjeld liegen sogar westlich von der Wasserscheide. Und es giebt auch eine andere Theorie, welche auf gewisse Seter besser passt als die eben erwähnte.

Melvin[1]) erklärt die Seter für eine Art Seitenmoränen. Da, wo der Gletscher an den Felsen stieß, wurde herabstürzendes Geröll aufgehalten und zu einer Einfassung aufgehäuft, welche längs der Berglehne liegen blieb, als der Gletscher sich zurückzog.

Steht man an dem Abhang bei Leine, der mit Moränen bedeckt ist, und blickt man nach Süden, so sieht man jenseits Gudbrandsdalen am Berge Kampen zwei deutliche Seter über einander in ungefähr $^2/_3$ der Höhe des Berges über dem Thal, und hinter Kampen sieht man an Sjedalskampen zwei gleiche Seter, welche unverkennbar eine Fortsetzung derer von Kampen sind. Diese Seter senken sich die Thäler entlang, und wie die Thäler senken sie sich sogar in entgegengesetzter Richtung. An Sjedalskampen senken sie sich nach Westen; darauf wenden sie sich und bekommen auf Kampen eine Senkung nach Osten. Ihre Abweichung von der wagerechten Linie ist allzu groß, als dass sie an den Ufern eines Sees gebildet sein könnten. Auf diese Seter bei Leine passt sicherlich Melvin's Theorie gut.

1) Edinb. Geol. Soc. 3. Dec. 1885

Wenn man von Lilleelvdalen aus durch Foldalen, das nördliche Nachbarthal von Gudbrandsdalen, hinauf reist, so geht der Weg ein Stück oberhalb von Gjelten längs des Flusses Folla unter hohen und steilen Abhängen von Moränebildungen hin. In diesen sieht man deutlich zwei Moränen, beide reich an Steinen und Blöcken, geschieden durch ganz mächtige Schichten von feinerem Material, in welchem die Steine und Blöcke fehlen. Ein gleiches Profil sieht man auch ein Stück weiter oben im Thal. Diese steinfreien Schichten zwischen den zwei Moränen deuten darauf, dass der Gletscher sich zuerst zurückzog, später aber wieder vorrückte.

Es ist klar, dass große Gletscher von der Snehättegruppe und von Rondane[1]) aus durch die Thäler gegangen sein müssen, lange nachdem die niedrigeren Berge eisfrei geworden waren. Ein solcher Gletscher muss sich durch Foldalen hin erstreckt haben. Dieser Gletscher hat wahrscheinlich während der wechselnden Perioden von feuchterem und trocknerem Klima zu- und abgenommen. Wenn er in den feuchten Perioden seine größte Mächtigkeit erreicht hatte, stand er eine Zeitlang stille, bevor er wieder begann abzunehmen. Er stieß da längere Zeit hindurch in einer gewissen Höhe an die Thalwände; und die Linie, wo Gletscher und Berg da aneinander stießen, wurde ohne Zweifel durch einen Wall herabgestürzten Gerölles bezeichnet[2]). Man würde da eine Bildung erhalten, die einem Sete gleicht. Der Gletscher zog sich zurück, der Sete blieb liegen und bezeichnet den höchsten Stand, welchen der Gletscher erreichte. In der nächsten feuchten Periode stieg der Gletscher nicht so hoch wie in der vorigen; ein neuer Sete bildete sich unter dem alten.

Durch das ganze Lilleelvdalen und Foldalen finden wir in der Regel zwei Seter. Auch diese Seter, welche beim ersten Anblick wagerecht aussehen, liegen in Wirklichkeit schräg. In Lilleelvdalen liegen beide Seter unterhalb der Grenze des Nadelholzes. In den oberen Seitenthälern, z. B. in Kakkeladalen, liegen die zwei Seter sogar über der Birkengrenze. Da wir jetzt gesehen haben, dass der Gletscher in Foldalen zwei Moränen zurückgelassen hat, welche durch feines geschichtetes Material geschieden werden, so könnte es möglich sein, dass die zwei Seter die Grenze zwischen dem im Eise begrabenen Thale und dem eisfreien Berg während der Maxima jener zwei feuchten Perioden, welche den zwei Moränen entsprechen, bezeichneten. Auch in diesen Gegenden giebt es Seter (z. B. den auf Stygfjeld, den auf Grubekletten u. a.), wo die Seitenmoräne selbst als ein deutlicher Rücken in der Kante des eigentlichen Sete (der Strandmoräne) auftritt, und wo die Verhältnisse der Art sind, dass die Gletscherseetheorie versagt[3]).

---

1) Eine hohe Gebirgsgruppe zwischen Gudbrandsdalen und Foldalen.

2) Solche Geröllwälle nennt Heim (Gletscherkunde p. 343) »Ufermoränen« im Gegensatz zu den eigentlichen »Seitenmoränen«.

3) Siehe Hansen: om Seter eller Strandlinier i betydelige Höider over Havet (Archiv for Mathematik og Naturvidenskab X 1885, p. 334 und Fig. 4).

Ottadalen und Sjodalen, welche von unseren höchsten Gebirgen, den Jotungebirgen kommen, münden in Gudbrandsdalen gleich oberhalb Leine. Auch durch diese Thäler müssen große Gletscher bis ganz hinunter nach Gudbrandsdalen gegangen sein, lange nachdem Kampen und ähnliche niedrigere Berge, welche von der Wasserscheide weiter entfernt liegen, vom Eis frei geworden waren. Da wir auch bei Leine zwei Seter haben, sehe ich es als wahrscheinlich an, dass diese gleichzeitig mit den zweien in Foldalen sind, dass sie sich aus denselben feuchten Zeiten herschreiben und auf ein zweimaliges Vorrücken des Gletschers von Gudbrandsdalen hinweisen.

Große Gletscher, die viele Kilometer lang sind, wie derjenige, der von Snehätten aus sich durch Foldalen erstreckte, haben keine starke Neigung. Da das Eis plastisch ist und sich den Thälern anschmiegt, wird die Linie, auf welcher ein solcher Gletscher die Bergwand berührt, Gleichheit mit einer Strandlinie bekommen.

Es ist möglich, ja wohl gar wahrscheinlich, dass dieser und andere ähnliche große Gletscher in den eisfreien Seitenthälern Gletscherseen abgedämmt haben können. Hansen beruft sich als Stütze für seine Meinung über die Bildungsweise der Seter auf eine Beobachtung, welche Dal und ich in Kakkeladalen machten, einem nördlichen Seitenthal von Foldalen. Hier laufen zwei sehr ausgeprägte Seter längs beider Thalseiten, der eine Sete geht bis zum Pass Enståkåskaret und in gleicher Höhe mit diesem; der Pass ist ein Einschnitt, welcher nach Norden in den oberen Teil von Enundalen, einem anderen Seitenthale von Foldalen, führt, und von dem Passe geht ein breites Flussbett, welches jetzt ausgetrocknet ist, nach Enundalen hinunter. In dem Einschnitt selbst sieht man nur Schutt, nicht festen Fels. Quer über den Pass von Fels zu Fels liegen ganz mächtige Moränenwälle, welche von dem alten Flussbett durchbrochen sind. Und auf dem Sete selbst liegen Wanderblöcke, und es finden sich Vertiefungen, welche entstanden sein dürften durch Ausfüllung um große vom Gletscher gelöste Eismassen her, welche später schmolzen. Die Verhältnisse hier scheinen darauf hinzudeuten, dass der große Gletscher, welcher durch Foldalen ging, Arme über die Gebirgseinschnitte nach Norden sandte und seine Moränen in den Einschnitten absetzte.

Nach Beobachtungen von Prof. J. H. Vogt sind die Verhältnisse im Einschnitt zwischen Rörås und Tyvold auf der Wasserscheide zwischen Österdalen und dem Stifte Drontheim gleichartig mit denjenigen in Enståkåskaret. Ja, ähnliche Verhältnisse sind nach Hansen[1]) »merkwürdig constant bei den Wasserscheideeinschnitten in diesem Gebiet. Fast überall wird man Wälle finden, Sandrücken, welche sich durch den Einschnitt schlängeln, mit ihrer Längsrichtung diesen entsprechend«. Diese Rücken können nicht End-

---

1) Studien über Strandlinien. Archiv f. Math. u. Naturv. XIV, p. 281—282.

moränen sein. Aber sie sind wahrscheinlich zusammenzustellen mit den schwedischen »Åsar« und beweisen, dass die Gletscher Abfluss über die Einschnitte gehabt haben. Es ist somit leicht zu verstehen, dass die Seter oft in gleicher Höhe mit den Einschnitten laufen. Diese letzteren sind ausgefüllt mit losen Moränenmassen. Als die Gletscher sich von den Einschnitten zurückgezogen, sind wahrscheinlich Gletscherseeen eine Zeitlang zwischen dem Passe und dem Ende des Gletschers aufgestaut gewesen. Aber als allgemeine Erklärung für die Seter in den Hauptthälern selbst ist die Gletscherseetheorie wenig wahrscheinlich und nach meiner Meinung Melvin's Theorie vorzuziehen.

Bei Leine sahen wir, dass der Dryastuff mit den arktischen Pflanzen zwischen zwei Tuffen lag, welche beide eine subarktische Flora haben. Wir wissen von Dänemark und Schoonen, wo der Dryaslehm unter allen 4 Torfschichten liegt, ja sogar interglacial auftritt, dass die arktische Flora längst nach Skandinavien eingewandert war, bevor der Dryastuff bei Leine sich bildete. Dieser Tuff fand sich nicht bei Nedre Dal, und es sieht darum nicht so aus, als ob die arktischen Pflanzen dort gewachsen wären, als der Dryastuff bei Leine sich absetzte. Der Dryastuff bezeichnet kaum mehr als eine einstweilige Ausdehnung des Gebietes der schon längst eingewanderten arktischen Flora während einer der trockenen Perioden. Nach Leine kam sie damals wahrscheinlich von den umgebenden Gebirgen, welche ohne Zweifel frei von Eis waren, lange ehe die Tuffbildung begann.

Schon in meiner Theorie über die Einwanderung der norwegischen Flora habe ich nachgewiesen, wie die arktische Flora in Colonien hie und da in unsern am meisten continentalen Gebirgsgegenden auftritt. Diese Colonien liegen meist östlich und nordöstlich von unsern höchsten Gebirgen und größten Gletschern, geschützt gegen die lauen Seewinde, welche den arktischen Pflanzen verderblich sind.

Zwei von diesen Colonien arktischer Pflanzen, die zwei reichsten im südlichen Skandinavien, die in Våge und Lom[1]) und die auf Dovre und in Foldalen, liegen gerade in denjenigen Gegenden, mit deren postglacialer Geologie vorliegende Abhandlung sich beschäftigt. In den letzten Jahren habe ich sehr fleißig auf Dovre und in den Gebirgen um Foldalen botanisiert und ich bin zu der Überzeugung gelangt, dass die arktischen Pflanzencolonien und die Seter in einem gewissen Verhältnis zu einander stehen.

Die hohen Gebirge, in deren Schutz die arktischen Pflanzencolonien liegen, haben länger als andere niedrige Berge Gletscher in die Thäler gesandt. Und das ist wohl der Grund, warum die Colonien gewöhnlich an die Gegenden sich anschließen, wo die Seter sich finden. Die Colonie bei

1) Die westlichsten Kirchspiele im Districte Gudbrandsdalen. Siehe die Karte, die meine Abhandlung in Engler's Bot. Jahrb. II begleitet.

Helinstrandene in Valders liegt nahe dem Hugakollen, wo Hansen einen Sete gesehen hat. Die Colonie in Våge und Lom und die auf Dovre und in Foldalen liegen auch den Setegegenden nahe; denn Seter kennt man von Våge, Lœsje, Dovre und Foldalen. Desgleichen im nördlichen Skandinavien, z. B. die Colonie in Bardodalen im Amt Tromsö (ca. 68° 40′ n. Br.) in der Nähe der Seter bei Torneåträsk, und in der Lappmark von Luleå, wo auch Colonien und Seter vorkommen.

In Foldalen hat die arktische Flora ihre eigentliche Heimat auf den Bergen, welche über dem höchsten Sete sich erheben. In den Thälern, wo sich Seter finden, ist die Flora unterhalb der Seter verhältnismäßig arm an arktischen Seltenheiten, sogar in dem ziemlich hochliegenden Kakkeladal. Hier hat man viele seltene arktische Pflanzen oberhalb der Seter auf den Bergen Storhö und Langhö, aber im Thale selbst unterhalb der Seter nur wenige, und diese Pflanzen sind wahrscheinlich in einer verhältnismäßig neuen Zeit von den Bergen hinuntergewandert. Sobald man über die Einschnitte im Norden von Foldalen und außerhalb der Seteregion kommt, ändert sich das Verhältnis. Nördlich vom Passe Enståkåskaret, in dem oberen Teil von Enundalen, hinüber nach Opdal und dem Thal von Orkla[1]) sieht man keine Seter mehr, nur deutliche Terrassenbildungen von den Flüssen, welche aus den Einschnitten im Süden einmal kamen oder noch kommen. In diesen Gegenden, wo also die Seter fehlen, ist die arktische Flora reicher, als in den Thälern mit Setern. Sobald man den Einschnitt von Enståkåskaret überschritten hat, und aus der Seteregion nördlich vom Einschnitt heraus gekommen ist, kommt man hinaus auf Terrassen von Schutt und auf Ebenen, wo *Artemisia norvegica* (Vahl) Fr. zu tausenden über weite Strecken hin wächst. Auch in Drivdalen, wo Seter fehlen[2]), ist die arktische Flora besonders reich, und selbst solche Pflanzen wie *Luzula arctica* Bl., *Diapensia lapponica* L., *Campanula uniflora* L., *Carex misandra* R. Br., *Papaver nudicaule* L., *Koenigia islandica* L., *Artemisia norvegica* (Vahl) Fr. und viele derartige finden sich hier sogar unten in der Birkenzone. In den Thälern mit Setern sucht man vergebens nach diesen Pflanzen. Die arktische Flora hat also in diesen Gegenden ihre hauptsächliche Verbreitung in denjenigen Thälern, wo es keine Seter giebt, und auf denjenigen Gebirgen, welche über den höchsten der zwei Seter emporragen. Von arktischen Pflanzen in Foldalen kenne ich nur eine, welche ihre größte Ausbreitung im Thale selbst am Flusse und also unterhalb der Seter hat, und diese eine ist *Carex bicolor* All., aber selbst diese soll an einer Stelle hoch über dem Fluss (und vielleicht über den Setern) gefunden

1) Opdal und Orkla gehören schon dem Stifte Drontheim und liegen nördlich von der Wasserscheide.

2) Nur ganz oben im Thal am Fuße des Högsnyta giebt es ein paar kurze, stark sich senkende »Seter«. Drivdalen ist berühmt seiner reichen Flora wegen. Knutshö und Kongsvold auf dem Dovrefjeld liegen beide in diesem Thale.

worden sein. Alle übrigen arktischen Pflanzen, welche sich in den Thälern unterhalb der Seter finden, sind häufig und in der Regel sogar häufiger auf den Bergen oberhalb derselben; und dass dieses nicht allein auf dem Höhenunterschied beruht, scheint daraus hervorzugehen, dass die arktische Flora in denjenigen Thälern, wo sich keine Seter finden, weiter hinabsteigt, wie z. B. in dem oberen Teile von Enundalen und in Drivdalen.

Diese Verhältnisse, dass die Colonien der arktischen Flora an Gegenden geknüpft zu sein scheinen, wo es Seter giebt, oder an solche grenzen, und dass die arktische Flora ihre größte Verbreitung auf denjenigen Bergen und in denjenigen Thälern hat, welche damals eisfrei waren, als die Seter sich bildeten (oder, wenn man die Gletscherseetheorie vorzieht, über den Wasserspiegel der Gletscherseen emporragten), scheinen anzudeuten, dass die arktische Flora schon damals hier war, als die Seter sich bildeten, und dass sie ein Rest aus einer Zeit ist, welche derjenigen Zeit voraufging, in welcher die Seter entstanden. In den Zeiten, als die Gletscher von den Jötungebirgen, vom Snehätten und anderen unserer höchsten Berge wieder vorrückten, viele Thäler ausfüllten, und vielleicht auch viele Berge bedeckten, wurde die arktische Flora in den mit Eis bedeckten Gegenden ausgerottet, aber sie erhielt sich auf Bergen, welche geschützt vor der Seeluft und frei von Eis waren, und in den Thälern, wohin die Gletscher nicht reichten.

Seit der Eiszeit hat Skandinavien sich im Verhältnis zum Meere gehoben. Schon Bravais[1]) zeigte durch seine Untersuchungen der Strandlinien am Altenfjord, dass diese Hebung ungleichmäßig gewesen ist, indem die äußere Küste sich weniger gehoben hat, als das Innere des Meerbusens. Spätere Untersuchungen, besonders von G. de Geer und A. Hansen, deren Arbeiten wir schon oben angeführt haben, haben gezeigt, dass dies nicht allein von Finmarken gilt, sondern von ganz Skandinavien, selbst von den südlichen Teilen.

In den Verhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Christiania vom Jahre 1881 n. 4 (sowie auch in meiner oben erwähnten Abhandlung in Engler's Jahrbüchern II) habe ich nachzuweisen gesucht, dass dieses Steigen sich bei wechselnden mehr trockenen und mehr feuchten Zeiten vollzogen hat, und dass das Auftreten der Muschelbänke am Busen von Christiania auf zwei bestimmt geschiedenen Niveaus, die fluviomarinen Terrassen und die Strandlinien durch diese Umschläge im Klima erklärt werden können, ohne dass man anzunehmen braucht, dass das Steigen von Perioden der Ruhe unterbrochen gewesen sei.

Da nun die Hebung in den verschiedenen Gegenden verschieden groß gewesen ist, so müssen auch die Strandlinien und die Terrassen aus derselben

1) »Sur les lignes d'ancien niveau de la mer dans le Finmark« in »Voyages en Skandinavie, en Lapponie, au Spitzberg et aux Feroë, pendant les années 1838, 1839 et 1840 sur la Corvette la Recherche« T. I. 1 Partie p. 57—137.

Periode in verschiedener Höhe über dem gegenwärtigen Strand liegen, je nachdem die Hebung an Ort und Stelle größer oder geringer gewesen ist.

In den Gegenden um den Busen von Christiania habe ich eine Menge Torfmoore untersucht[1]. In den Gegenden, welche einst unter dem Meeresspiegel lagen, steigt die Tiefe des Torfes, wenn man von der Küste landeinwärts geht. Denn die Torfbildung hatte längst angefangen, ehe das Land auf sein gegenwärtiges Niveau gestiegen war. Daher kommen beständig ältere Torfschichten unter den jüngeren hinzu, wenn man von der Küste landeinwärts geht. Da nun die wechselnden Perioden ihre Spuren auch in den Torfmooren als eine Abwechselung von Torf- und Wurzelschichten hinterlassen haben, und da das Zeugnis der Torfmoore mit dem der Muschelbänke übereinstimmt, so werden wir in den Stand gesetzt, für die Gegend von Christiania zu bestimmen, wie hoch das Land während einer jeden jener wechselnden Perioden gelegen hat. Aber da die Hebung ungleich gewesen ist, haben diese Zahlen nur locale Gültigkeit und dürfen nicht auch auf andere Teile des Landes angewandt werden.

Jedoch werden die Beobachtungen am Busen von Christiania einigermaßen richtige Resultate auch für andere Gegenden abgeben können, wenn man den Eintritt der Perioden nicht mit absoluten Zahlen, sondern nach Procenten der ganzen postglacialen Hebung berechnet.

Der Abschluss der vier Perioden mit strengerem Klima, der arktischen, subarktischen, borealen und subborealen, muss an dazu geeigneten Stellen durch Strandlinien bezeichnet sein, welche in festen Felsen ausgehöhlt sind. Berechnet man den Abschluss dieser Perioden, so erhält man für den Busen von Christiania das Ergebnis, dass das Land am Schlusse der Eiszeit 198 m tiefer lag als jetzt, am Ende der arktischen Zeit 169, und am Ende der subarktischen trockenen Zeit ungefähr 129 m, am Ende der borealen 47 m und am Ende der subborealen ungefähr 13 m tiefer als jetzt.

Wendet man nun dies auf die Umgegend von Tromsö (69° 40′ n. Br.) an, wo wir eine Menge Beobachtungen über Strandlinien von K. Pettersen[2] haben, so erfahren wir von ihm, dass die höchste marine Stufe in diesen Gegenden nicht durch eine Strandlinie, sondern durch Seemuscheln in einer Höhe von 56 m über dem Meere[3] bezeichnet ist. Setzen wir voraus, dass diese Stufe postglacial ist (und ich sehe keinen Grund, sie für interglacial anzusehen, d. h. für älter als die sogenannte baltische Moräne im südlichen Skandinavien), und berechnen wir demnächst die Höhe der vier Strandlinien gemäß dem von Christiania angegebenen Verhältnis, so erhalten wir für Tromsö folgende Zahlen:

die arktische Strandlinie 48,
» subarktische ungefähr 36,

1) Siehe Christ. Vid.-Selsk. Forh. 1882 n. 6.
2) Terrassen und alte Strandlinien (Jahreshefte des Museums zu Tromsö III).
3) Jahreshefte des Museums zu Tromsö IX, p. 80—81.

die boreale 13,
» subboreale 3,5 m ü. d. M.

Forschen wir nun in PETTERSEN's Abhandlung nach[1]), wo die in festen Felsen ausgehöhlten Linien durch gesperrten Druck ausgezeichnet sind, so finden wir ohne Schwierigkeit die drei älteren von den vier Linien wieder. Die arktische Linie haben wir von 13 Stellen in Höhen von 38—42,6, einmal 48,5 m ü. d. M.; die subarktische an 4 Stellen von 31,5—31,9 m ü. d. M.[2]), die boreale an 6 Stellen zwischen 13,9 und 14,7 m ü. d. M. Die subboreale Strandlinie ist vielleicht zu sehen auf der Insel nördlich von Tromsö, wo in geringer Höhe, kaum ein paar Meter über dem Meere, eine wenigstens nach hinten von festem Felsen begrenzte Linie eine lange Strecke hinläuft. Wir haben also drei unserer continentalen Perioden, ja vielleicht alle 4 in den Niveaus der Strandlinien bei Tromsö wiedergefunden. Die deutlichsten der 3 älteren Linien sind die arktische und die boreale. Aber diese Perioden sind von den 3 älteren auch in floristischer Beziehung diejenigen, aus welchen wir die ausgeprägtesten Colonien continentaler Pflanzen haben, und wir haben darum Veranlassung anzunehmen, dass sie sich in besonderem Grade durch ihr continentales Klima auszeichneten.

Nach PETTERSEN's Beobachtungen[3]) folgte auf die arktische Zeit eine Zeit, welche er als eine »jüngere glaciale Zeit« bezeichnet. »Die Eismassen der Glacialzeit, welche lange Zeiträume hindurch im Rückgang begriffen gewesen waren, schoben sich wieder während einer längeren Periode vorwärts. Diese jüngere Glacialzeit fand ihren Abschluss in einer Periode, während welcher Eisberge aus dem Inneren mancher Fjorde des nördlichsten Norwegens nach den Ausgängen derselben geführt wurden. Dabei wurden erratische Blöcke abgesetzt, welche sich in großartigem Maßstab bis zu einer Höhe von 38—41 m über dem gegenwärtigen Stand des Meeres ausgestreut finden. Die erwähnte Höhe bezeichnet also das erste Eintreten der Bewegung. Die ursprüngliche arktische Fauna wurde während derselben an einzelne Localitäten zurückgedrängt, ohne je ganz ausgerottet zu werden. An jenen einzelnen Localitäten boten die Verhältnisse noch die notwendigen Bedingungen für ihr Gedeihen dar«.

Dieses neue Vorrücken der Gletscher kann kaum der zweiten der beiden großen Eiszeiten entsprechen, welche im südlichen Skandinavien durch die baltische Moräne bezeichnet ist. DE GEER[4]) nimmt dies freilich an. Aber nach den Strandlinien zu urteilen, hat dieses neue Vorrücken viel später stattgefunden, nämlich während der Periode, welche STEENSTRUP die der

---

1) l. c. III, p. 24.

2) Die Übereinstimmung ist für diese Linie nicht ganz genau; sie ist jedoch so groß, wie man der Natur der Sache nach verlangen kann.

3) a. a. O. IX, p. 83.

4) Über die Lage der Gletscherscheide während der zwei Eiszeiten Skandinaviens in Geol. För. Förh. Stockholm. X h. 3.

Espe nennt, d. h. gleichzeitig mit der Bildung der ältesten der 4 Torfschichten in Südskandinavien. In derselben Periode schoben sich, wie wir oben gesehen haben, aller Wahrscheinlichkeit nach, die Gletscher von unseren höchsten Gebirgen auf's neue hinunter durch die obersten Teile der Gebirgsthäler des mittleren Norwegens, wie z. B. in Foldalen und Gudbrandsdalen. Noch haben wir im nördlichen Norwegen (am Jökelfjord in Skjervö, ca. 70° n. Br.) einen Gletscher, welcher bis ins Meer geht. In der subglacialen Zeit muss es noch mehr Gletscher gegeben haben, welche sich hinaus in die Meerbusen erstreckten.

Mit Hülfe des leicht kenntlichen Granites des Binnenlandes aus den Gegenden auf der Reichsgrenze in den inneren Teilen von Målselven und Bardo, wie auch bei Altevand (ca. 68° 30′—69° n. Br.) hat Pettersen nachgewiesen, wie während dieser Periode von den Grenzgebirgen Gletscher in das Innere der Meerbusen sich erstreckten, von Torneåträsk nach Salangen, von Altevand und Store Jerta durch die Thäler in Bardo und Målselven nach Salangen, Sörreisen, Malangen und Balsfjord. Diese Gletscher erstreckten sich nur bis an das innere Ende der Meerbusen, von wo das sich loslösende Eis die erratischen Blöcke hinausführte und sie längs der Ufer der Meerbusen absetzte, bis zu der oben erwähnten Höhe von 38—41 m über dem gegenwärtigen Strand.

Längs der Thalwände finden sich Spuren dieses neuen Vorrückens des Landeises nur bis zu einer gewissen Höhe über dem Thale, während die höheren Berge über die Gletscher hinausragten und nicht vom Eise überschwemmt wurden[1]).

Målselvdalen und Bardodalen (68°30′—69° n. Br.) erinnern in vielen Beziehungen an Foldalen. An den Flüssen haben wir Terrassen, welche denen in Foldalen ganz gleichen, und welche in einer gleichen Anzahl vorhanden sind, nämlich, soweit ich gesehen habe, 3. Sie zeugen von 3 trockenen Perioden, seit das Eis sich aus dem Thale zurückzog. Die Flora ist wie in Foldalen arktisch und subalpin ohne bemerkbare Beimischung von mehr südlichen Elementen. In Foldalen giebt es nur einzelne Fichten im untersten Teile. Die Wälder sind gebildet von Kiefer und Birke wie in Målselvdalen und Bardodalen. Auf den Bergen, welche über die aufs neue vorrückenden Gletscher emporragten, giebt es reiche Colonien arktischer Pflanzen in allen diesen Thälern.

Im Sommer 1891 habe ich zusammen mit den Herren Lektor W. Arnell und Stiftsamtmann B. Ström Gelegenheit gehabt, mich mit der reichen

---

1) Die Gletscher in diesen Thälern haben sich ohne Zweifel zu wiederholten Malen vorgeschoben und zurückgezogen, bevor sie endlich ganz wegschmolzen. Die Blöcke von Granit vom Binnenlande, welche sich in größeren Höhen finden, können sich aus viel älteren Zeiten herschreiben als der Strom der erratischen Blöcke längs der Ufer der Meerbusen, und können sehr wohl, wie De Geer annimmt, während der zweiten der beiden großen Eiszeiten von den Gletschern fortgeführt worden sein.

arktischen Gebirgsflora in Bardodalen und dem mehr östlich gelegenen Reisendal im Kirchspiel Skjervö bekannt zu machen (ca. 69° 30—40′ n. Br.).

Als besonders reich kann ich hervorheben den Berg Rubben in Bardo und Javreoaivve und Gakkovarre in Reisendalen (Nordreisen). Auf diesen Bergen findet man außer den gewöhnlichen so ziemlich alle seltenen Gebirgspflanzen, welche in dem arktischen Norwegen vorkommen. In dieser Beziehung können diese Berge sich mit dem berühmten Knutshö auf Dovre messen. Wie Knutshö waren auch sie frei von Eis, als in der subglacialen Zeit das Landeis aufs neue vorrückte. Auf Rubben gelang es mir nicht, Granitblöcke aus dem Binnenlande weiter hinauf als im unteren Teil der Weidenzone zu finden. Auf Rubben (68° 40′ n. Br., 36° 10—20′ ö. L.) findet man in Menge *Rhododendron lapponicum* Wg. und *Andromeda tetragona* L. und von anderen arktischen Seltenheiten *Arenaria ciliata* L., *Braya alpina* Sternb. et Hoppe, *Sagina caespitosa* (Vahl), *S. nivalis* Lindbl., *Cerastium arcticum* Lge., *Draba nivalis* Liljebl. und *D. alpina* L., *Ranunculus nivalis* L., *Pedicularis hirsuta* L., *Antennaria carpathica* Bluff et Fing., *Campanula uniflora* L., *Carex nardina* Fr., *C. pedata* Wg., *C. misandra* R. Br., *Catabrosa algida* Fr., *Hierochloa alpina* R. S., *Woodsia glabella* R. Br., außer einer ganzen Menge andere, unter denen auch *Salix polaris* Wg.

Gleiche arktische Colonien finden sich auch auf den hohen Gebirgen, welcher Altevand und Målselvdalen und dessen Seitenthäler umgeben.

Auf Javreoaivve in Reisendalen (69° 30′ n. Br., 39—40° ö. L.) giebt es auch eine reiche Colonie arktischer Pflanzen: *Rhododendron* und *Andromeda tetragona* L., *Ranunculus nivalis* L. und *altaicus* Laxm., *Saxifraga hieraciifolia* Kit., *Braya*, *Draba alpina* L., *Cerastium arcticum* Lge., *Pedicularis hirsuta* L. und *P. flammea* L., *Antennaria carpathica* Bluff et Fing., *Armeria sibirica* Turcz., *Arnica alpina* Murr., *Campanula uniflora* L., *Primula stricta* Hornem., *Hierochloa alpina* R. S., *Catabrosa algida* Fr., *Luzula arctica* Blytt, *Carex nardina* Fr., *C. pedata* Wg., *Salix polaris* Wg. und viele andere. Auf dem benachbarten Gakkovarre wächst die seltene *Carex holostoma* Dr., und eine Menge anderer arktischen Pflanzen. Kurz, diese Berge haben eine Flora, welche so reich an arktischen Seltenheiten ist, dass ihres gleichen in dieser Beziehung schwerlich in Europa gefunden werden dürfte.

Es scheint also aus dem oben Gesagten hervorzugehen, dass nach der Einwanderung der arktischen Flora ein neues Vorrücken der Gletscher sowohl in den oberen Teilen der Gebirgsthäler des mittleren Norwegens, als auch in den nördlichen Gegenden des Landes stattgefunden hat. Im Norden gingen die Gletscher gelegentlich bis unmittelbar in den Meerbusen hinein. Dieses neue Vorrücken der Gletscher fand wahrscheinlich statt während der subglacialen Zeit.

Torell und Nathorst haben Reste arktischer Pflanzen (*Dryas*, *Salix polaris* Wg.) in dem Lehm gefunden, welcher unter der sogenannten oberen baltischen Moräne im südlichen Schweden liegt. Diese Moräne schreibt sich

nach der Meinung vieler Geologen aus der zweiten der beiden großen Eiszeiten her. Verhält sich dies richtig, dann hat man also einen Beweis dafür, dass die arktische Flora schon in der interglacialen Zeit nach Skandinavien eingewandert war. Wie viel Land damals eisfrei war, und wie große Ausbreitung die arktische Flora damals auf unserer Halbinsel hatte, ob und welche einzelnen Gegenden sich während der ganzen zweiten Eiszeit frei von Eis hielten, über diese Dinge wissen wir noch wenig oder nichts.

Zur Übersicht will ich jetzt die Bildungen der wechselnden Perioden in den Gebirgsthälern und in den südlichen Teilen unseres Landes zusammenzustellen versuchen.

Torf in den südlichsten Gegenden.	Tuff in Gudbrandsdalen.	Terrassen in den Gebirgsthälern.	Strandlinien bei Tromsö.
Gegenwart. Wald auf vielen Mooren.	Erde.	Die Flussebene der Gegenwart.	
Subatlantischer Torf. Buchen- (Erlen-) Periode in Dänemark.		Erosion.	
Subboreale Wurzelschicht.		Subboreale Flussebene (Terrasse 1).	Strandlinie ein paar m ü. d. M.?
Atlantischer Torf. Die Eichenperiode in Dänemark.	Kieferntuff.	Erosion.	
Boreale Wurzelschicht.	Lehm. Dryastuff.	Boreale Flussebene (Terrasse 2).	Strandlinie 14—15 m ü. d. M.
Infraborealer Torf. Die Kiefernperiode in Dänemark.	Birkentuff.	Erosion.	
Subarktische Wurzelschicht.	Lehm.	Subarktische Flussebene (Terrasse 3).	Strandlinie 31—32 m ü. d. M.
Subglacialer Torf. Die Birken- (Espen-) periode in Dänemark.	Moräne.	Obere Moräne in Foldalen.	Gletscher rückten wieder in den Meerbusen vor. Schwimmende Eisberge.
Arktischer Dryaslehm.		Arktische Flussebene (Steinfreie Schicht zwischen den 2 Moränen).	Strandlinie 38—48 m ü. d. M.
		Untere Moräne in Foldalen.	Moräne.

Diese Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf unumstößlich erwiesene Gewissheit, sondern will nur ein Versuch zu näherer Prüfung sein. Die Hauptsache, dass die wechselnden Perioden sich in allen diesen Bildungen spiegeln, sehe ich jedoch als über jeden Zweifel erhaben an.

Wir haben jetzt gesehen, wie die Theorie von den wechselnden Perioden im Klima Licht verbreitet auch über die Geologie der Gebirgsthäler und der nördlichen Teile des Landes. Wo immer man sich in unserem Lande aufhalten mag, sieht man die Spuren jener Veränderungen im Klima. Wir sehen sie in Strandlinien und Setern, in Küsten- und Binnenterrassen, sowohl in den Erosions-, als in den Accumulationsterrassen, im Wechsel von Torf- und Wurzelschichten, von Kalktuff und Lehm, überhaupt in der abwechselnden Lagerung in den Formationen, in der Verbreitung von Tieren und Pflanzen; es giebt keine Landschaft in Berg und Thal, an der Küste oder im Inneren, im Süden und im Norden, welcher jene mächtigen Naturereignisse nicht ihren Stempel aufgedrückt hätten.

Nachtrag zu dem Aufsatz: Gedanken über eine zeitgemäfse Reform der Theorie der Blütenstände.

Von

Lad. J. Čelakovský.

Prof. Ascherson hat mir neuerlichst mitgeteilt, dass er der Urheber der Zusammenfassung der rispigen und ährigen Blütenstände in einer Hauptgruppe in der Flora von Brandenburg gewesen sei, welche Zusammenfassung nur den Zweck hatte, die Übersicht in die Form einer dichotomen Clavis zu bringen; dass aber Al. Braun in seinen Vorlesungen alle drei Typen als coordinierte Hauptabteilungen vorgetragen und jedenfalls auch in dieser Form an Wydler mitgeteilt hat. Damit entfällt die Unterscheidung, die ich in meinem historischen Rückblick zwischen Braun's und Wydler's Auffassung gemacht habe. Doch hat aber Braun, der die Darstellung Ascherson's vor dem Drucke gebilligt und selbst mit einem Zusatz versehen hat, jener dem erwähnten Zwecke dienlichen Zusammenfassung seine Zustimmung gegeben, weil er wirklich die ährigen (traubigen) und rispigen Blütenstände als näher unter sich als mit den cymösen Blütenständen verwandt betrachtete, wofür auch die von mir besprochene und von Braun selbst herrührende Ableitung der Rispen aus den Botryen deutlich spricht.